



180
Zepen
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

FALLA DE ORIGEN

PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA
A CLEVITE DE MÉXICO, S. A. DE C. V., PARA
LA PRODUCCIÓN DE COJINETE RECTO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
CLAUDIA MARGARITA SUAREZ BARRIENTOS

ASESOR: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO



MEXICO, D. F.

1995



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.

Le doy gracias a DIOS
por darme la oportunidad de
vivir y luchar por ser cada día feliz.

Dedicatoria

A mis padres y hermanos por su apoyo y cariño que siempre me han brindado.

A mis abuelos y familia porque siempre han confiado en mi.

A Eduardo Herrera López por todo su apoyo, cariño, confianza y paciencia.

A mis amigas de la prepa por su cariño y alegría que siempre me han dado.

A mis amigos de la Universidad porque sin ellos no lo hubiera logrado, en especial a María Fernanda Rojas Loa Pacheco.

A Chiara Lubich por enseñarme a cómo vivir por un Ideal que vale la pena

Agradecimientos

Agradezco a Clevite de México, S.A.
las facilidades que me brindó para
desarrollar el presente trabajo.

A mi Universidad y Facultad porque
a ellas les debo gran parte de lo que soy.

A todo mis maestros
¡gracias!.

A Sara Cerrud por su apoyo y amistad.

Mi reconocimiento al
M. en I. Armando Ortiz Prado
por su apoyo, amistad y dirección en esta tesis.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo 1	
Distribución de planta	1
1.1 Conceptos generales	1
1.2 Criterios para una buena distribución	2
1.3 Principios para realizar una Distribución de planta	5
1.4 Ventajas de una buena distribución de planta	7
1.5 Sistemas de producción	8
1.6 Tipos de distribución de planta	9
Capítulo 2	
Tecnología de grupo	15
2.1 Introducción	15
2.2 Ventajas que otorga la Tecnología de grupo	16
2.3 Aplicaciones	18
2.4 Diseño de celdas de manufactura	27
Capítulo 3	
Clevite de México S.A. de C.V (CLEMEX)	34
3.1 Historia	34
3.2 Descripción del producto	35
3.3 Cojinete recto	39
Capítulo 4	
Diagnóstico y propuesta de distribución de planta para CLEMEX	49
4.1 Diagnóstico	49
4.2 Identificación de las operaciones realizadas en el proceso	50
4.3 Estudio del proceso	53
4.4 Análisis de los planos de fabricación	58
4.5 Análisis de capacidad por máquina e identificación de los problemas	65
4.6 Propuesta de distribución por proceso	72
4.7 Propuesta de distribución por celdas de manufactura	76
Conclusiones	98
Bibliografía	102

Introducción

El actual mercado tan competido, obliga a las empresas a ser más productivas, por lo que éstas buscan la mejora continua dentro de sus procesos de producción. El presente trabajo surge de la idea de aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera para el análisis, comprensión y propuesta de una solución, a los problemas a que se enfrentan las industrias en su necesidad por mejorar. Por dicha razón, se acudió a Clevite de México, S. A. de C. V. (CLEMEX), ubicada en el Parque Industrial de Lerma, Edo. de México, la cual se dedica a la producción de cojinetes de deslizamiento para uso automotriz.. Con base a los primeros contactos, se identificó la inquietud de esta empresa en la redistribución de las líneas de producción del cojinete recto, que es, en cuanto a volumen, su principal producto.

Por lo tanto el objetivo de este trabajo, es presentar una propuesta de una nueva distribución de planta para las líneas de producción de cojinete recto de Clevite de México, que cumpla con sus necesidades y características específicas.

El estudio realizado para la elaboración de la propuesta se reporta en cuatro Capítulos, los cuales contienen la siguiente información:

En el Capítulo 1 se define el significado de distribución de planta, sus principios, las ventajas que se obtienen por tener una adecuada distribución, criterios a observar para realizar el reacomodo del equipo, operarios, materia prima y servicios. Por último se precisan los tipos básicos de distribución, sus ventajas y desventajas.

En el Capítulo 2 se presentan los conceptos de Tecnología de grupo sobre los que se basa el diseño conceptual de una distribución por celdas de manufactura, la cual tiene como finalidad crear un ambiente en línea con una producción por lotes. Las celdas son un conjunto de máquinas diversas, colocadas una cerca de la otra, que son capaces de procesar familias de partes, entendiéndose por familia, un grupo de piezas que son similares en características de diseño y/o manufactura.

En el Capítulo 3 se muestra una semblanza de Clevite de México. Se describen las características que debe de cumplir un cojinete recto, los materiales que se utilizan para su fabricación y sus especificaciones de diseño.

Por último el Capítulo 4 presenta el diagnóstico y metodología seguida para analizar el problema existente en la producción del cojinete recto. Se identificaron como conflictos principales los continuos paros que se dan en las líneas de producción, ya sea por ajuste o por preparación de las máquinas, y las dificultades por manejar lotes de 5000 piezas por turno. La distribución con la que cuenta CLEMEX es por producto o en línea, en la cual para ser prorratable, se deben de manejar lotes de mínimo 35000 piezas por turno. Por otro lado una de las desventajas más significativas de la producción en línea, son precisamente los paros que se presentan, ya que esto implica pérdidas. Se llegó a la conclusión de que este tipo de distribución no es la adecuada para las características propias de esta empresa.

Una vez establecidas las condiciones bajo las cuales se debe proponer la nueva distribución, se pensó como primera solución al problema en una distribución por proceso, para lo cual se planteó y se analizó su viabilidad, llegándose a la conclusión de que no es aplicable. Posteriormente se pensó en la posibilidad de una distribución por celdas de manufactura, para lo cual, en primer lugar, se verificó si dentro de la planta los distintos tipos de cojinetes rectos que se fabrican son una familia de partes. Al detectarse la existencia de éstas, se procedió a diseñar conceptualmente las posibles celdas, de acuerdo al orden de precedencia de las operaciones dentro del proceso y a la capacidad de la maquinaria con la que se cuenta, siendo posible agrupar al equipo en tres tipos principales de celdas.

En este último Capítulo se muestran dos posibles maneras de colocar las celdas dentro de la nave, tomando en cuenta el tamaño de las máquinas, el área de trabajo y el espacio físico en la planta para las líneas de producción del cojinete recto. Se puede decir entonces, que una distribución adecuada a las características específicas de Clevite de México, es por celdas de manufactura, las cuales proporcionan al sistema de producción mayor flexibilidad, acceso a los puntos de servicio y mantenimiento, disminución en la manipulación del material, a la vez de promover el orden dentro de la planta. Con lo anterior se tiene como consecuencia una reducción en los tiempos y costos de producción, lográndose un aumento en la productividad.

CAPÍTULO 1

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

1.1 Conceptos generales

Para todas las plantas industriales la distribución o disposición del equipo (instalaciones, máquinas, etc.) y de las áreas de trabajo (oficinas, jardines, servicios, etc.) es un problema; aún el simple hecho de colocar maquinaria en el interior de un edificio, implica tener conocimientos sobre ordenación. La importancia de tener una buena distribución de planta radica en que ésta puede llegar a determinar la eficiencia y, en algunos casos, la supervivencia de la empresa.

La primera causa para llevar a cabo una distribución de una planta industrial es la creación de una completamente nueva, por lo que el ingeniero encargado debe de determinar el diseño de los nuevos edificios y la localización de todas las entradas y salidas de los servicios.

Otra razón puede ser la expansión de una ya existente. Se debe diseñar una nueva distribución cuando hay un cambio en el nivel de la demanda; por ejemplo, si ésta aumenta puede ser necesario incluir máquinas, hombres y materiales adicionales, de manera ordenada, al sistema de producción actual.

También existe la posibilidad de que se deba introducir un nuevo producto y realizar cambios de diseño en los ya existentes, por lo que el equipo debe de ser reacomodado y en ocasiones anexar equipo adicional en la planta donde se lleva a cabo la producción. Esto requiere un alto grado de flexibilidad.

En otras ocasiones sólo es necesario reordenar una ya existente, buscando reducir los costos, ya que una redistribución implica cambios de métodos de trabajo, mejoras en el manejo de los materiales, cambios en los procesos de producción y reacomodo de las maquinarias, para lograr una mayor eficiencia y mayor flexibilidad.

Se puede decir entonces que una buena distribución de planta tiene como objetivo optimizar el arreglo de máquinas, hombres, materiales y servicios auxiliares, para maximizar el valor creado; es decir, hallar una ordenación de las áreas de labor y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados. Se debe de ordenar el espacio para los operadores, materia prima, equipos y los servicios auxiliares (mantenimiento, transporte, etc.) de modo que sea posible fabricar el producto a un costo suficientemente reducido para poder venderlo con un buen margen de beneficio en un mercado de gran competencia.

1.2 Criterios para una buena distribución

A continuación se enuncian una serie de criterios que deben de tomarse en cuenta para la redistribución o distribución de una planta industrial. Éstos simplemente dan lineamientos generales que serán de gran utilidad. Cabe mencionar que dependerá de las características de cada empresa para la selección de aquéllos sobre los cuales se basará la nueva distribución.

Se requiere buscar una flexibilidad máxima de modo que la distribución se pueda modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. En este contexto se necesita prestar particular atención a los puntos de abastecimiento, los cuales deben de ser amplios y de fácil acceso. Generalmente éstos pueden incluirse en forma simple y barata al proyectar la distribución. En caso de no planearse es casi imposible, en la mayoría de las distribuciones insatisfactorias, hacer modificaciones indispensables.

La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas, por lo que la recepción y envío en cualquier departamento se requiere planear de la manera más conveniente para los remitentes o los receptores.

Una planta industrial debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio utilizable arriba del piso. Hay que aprovechar al máximo el volumen disponible. Se

pueden instalar transportadores a una altura superior a la de la cabeza y usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso. También pueden suspenderse herramientas o equipo en el techo. Este criterio se aplica particularmente en los almacenes.

Algo que se necesita ser considerado, es que los hombres y materiales puedan ser fácilmente observables. Este criterio es a veces difícil de satisfacer, particularmente cuando se tiene una planta ya existente. Asimismo es un criterio que presenta fuerte resistencia, ya que a menudo se solicitan recintos especiales no por su utilidad sino porque constituyen un símbolo de jerarquía o de categoría.

Una buena distribución es aquella en donde todos los puntos de servicio y mantenimiento tienen acceso fácil. Por ejemplo, no debe de colocarse una máquina contra la pared impidiendo que una pistola engrasadora alcance fácilmente las graseras. En tales circunstancias es probable que el mantenimiento se haga descuidadamente, o en el mejor de los casos que ocupe un tiempo excesivo. Cuando se es imposible evitar que un punto de servicio quede obstruido, el equipo en cuestión deberá poderse mover.

En las operaciones de producción, de preferencia hay que evitar las interferencias entre las máquinas, incluyendo ruido excesivo, polvo, vibración, emanaciones y calor. Estas interferencias afectan adversamente el desempeño del trabajador. Por tanto cuando sea posible hay que aislar la máquina problema.

Dentro de la empresa, ya sea en la parte administrativa o en la producción, todos los movimientos deben ser a la vez necesarios y directos; de lo contrario se incrementa el costo pero no el valor del producto. Consecuentemente se requieren evitar los movimientos innecesarios o circulares. Una falla muy común es quitar el material de un banco de trabajo y llevarlo a un almacén temporal mientras espera pasar al punto siguiente de almacenamiento. Este sitio intermedio de reposo con frecuencia es innecesario y no está planeado. Deben evitarse lo más posible los

anaqueles, bancos y extras. Un buen consejo dentro de una planta es que el manejo óptimo de materiales es el manejo nulo; pero cuando éste es inevitable debe reducirse al máximo usando transportadores, montacargas, toboganes o rampas. El material que se esté trabajando requiere mantenerse a la altura de operación y nunca colocarse en el piso si se ha de levantar después.

Las máquinas por su lado se distribuirán en la posición y número correcto para lograr el equilibrio en el proceso de producción y evitar cuellos de botella. Esto es necesario para operar eficientemente un proceso, para no tener acumulación de inventarios excesivos de artículos en fabricación y para eliminar tanto pérdidas como malas colocaciones de los productos semiterminados.

En todo punto de una fábrica no deben cruzarse las rutas de trabajo con las de transporte de modo que el flujo sea unidireccional, es decir, que el material fluya en una dirección solamente. Una distribución que no se ajusta a esto ocasionará considerables dificultades y falta de seguridad para los empleados, ya que en ocasiones el hecho de no tener un flujo en un solo sentido es causa de accidentes.

En las industrias hay que tener rutas definidas de recorrido; y de ser posible procurar que estén marcadas claramente para que sean visibles, ya que esto facilitará el manejo de los materiales dentro de la misma y dará mayor seguridad para los trabajadores, así como el poder desalojar de manera rápida en caso de siniestro o accidente. Por lo mismo ningún pasillo debe usarse para fines de almacenamiento, ni aún en forma temporal.

Por otro lado, es necesario en lo posible otorgar a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el hombre. El otorgamiento de un espacio defendible con el que pueda identificarse una persona puede a menudo levantar la moral.

Para toda distribución hay que buscar que sea segura, y ninguna persona deberá estar expuesta al peligro. Se requiere tener cuidado no sólo de quienes operen el equipo, sino también de las que pasen cerca, las cuales pueden tener necesidad de pasar por atrás de una máquina cuya parte trasera no tenga protección. Ésta es una exigencia tanto reglamentaria como moral, por lo que se necesita dedicarle una atención esmerada.

Como consecuencia de una buena distribución de planta, se crea un ambiente de orden favorable para el desarrollo de una moral elevada dentro de los empleados. En algunas ocasiones unos sencillos cambios pueden lograrlo.

Como resumen se podría decir que los criterios para una buena distribución de planta son los siguientes: Flexibilidad, Coordinación, Utilización del volumen, Accesibilidad a los puntos de servicio y mantenimiento máximas; Interferencias de las máquinas, Distancia y Manejo mínimos; Equilibrio en el proceso de producción; Seguridad inherente; Flujo unidireccional; Rutas visibles; Identificación e Incremento en la moral de los empleados.

1.3 Principios para realizar una Distribución de planta

Una vez que se han seleccionado los criterios para realizar la nueva distribución de una planta industrial y con el fin de lograr una adecuada ordenación del equipo, maquinaria, espacio para los trabajadores, etc., es indispensable observar los siguientes principios:

1.-Integración de conjunto.

La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que resulte una relación óptima entre todas estas partes.

Una buena distribución de planta integra toda la maquinaria e instalaciones en una gran unidad operativa, es decir, convierte la planta en una máquina única.

No es suficiente conseguir una distribución adecuada para los operarios directos, sino también para el personal indirecto.

2.- Mínima distancia recorrida.

Siempre es mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.

3.- Circulación.

Siempre será mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales; es decir, el material debe moverse progresivamente de cada operación o proceso, hacia su terminación. No deben existir retrocesos o movimientos transversales. El concepto de circulación se centra en la idea de un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o demoras dentro del proceso.

4.- Espacio cúbico.

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en sentido vertical como horizontal.

5.- Satisfacción y seguridad.

La distribución que haga el trabajo más placentero y seguro para los trabajadores siempre será mas efectiva.

La satisfacción de un obrero es un factor muy importante. Un trabajo realizado con satisfacción automáticamente provoca grandes beneficios, como costos de operación reducidos y una mejor moral de los empleados.

Una distribución nunca puede ser efectiva si somete a los trabajadores a riesgos o accidentes, por lo que la seguridad es vital.

6.-Flexibilidad.

Una distribución efectiva es aquella que puede ser ajustada o reordenada con menos costos e inconvenientes.

Este principio es más importante día con día. A medida que los descubrimientos científicos, las comunicaciones, los transportes, etc., evolucionan con mayor rapidez, exigen que la industria les siga en el ritmo de su avance, lo que

implica cambios frecuentes, ya sea en el diseño del producto, proceso, equipo, producción o fechas de entrega.

1.4 Ventajas de una buena distribución de planta

Si se cuenta con una buena distribución de planta se van a obtener una serie de ventajas que harán ser a la empresa más competitiva. Ésto se verá reflejado en que el costo unitario del producto disminuya; y por lo mismo, la compañía obtendrá mayores utilidades, las cuales podrá invertir en publicidad o en investigación de tecnología para la mejora del producto, o podrá ofrecer un precio más bajo en el mercado.

La reducción en el costo unitario es justificada porque el tiempo y costo del proceso general se minimiza, ya que se reduce el manejo innecesario de los materiales y se incrementa en general la eficacia de todo el trabajo. De esta forma el producto final se elabora a un menor costo y sale al mercado a mayor velocidad, por lo mismo el dinero invertido regresa en menor tiempo.

Otra consecuencia de una correcta distribución es que se eliminan los rincones ocultos, donde tanto hombres como materiales pueden permanecer indebidamente y gracias a esto la supervisión del personal y el control de producción se simplifica. Por otro lado la maquinaria, al ser colocada en disposición correcta, puede ser controlada y ajustada con mayor facilidad. Los cambios de programas se facilitan.

Por último una de las ventajas más significativas es que cuando se emplea al máximo el espacio disponible, la producción de una planta es lo más alta posible y se mantiene la calidad de los productos mediante métodos de producción más seguros y mejores; lo cual es buscado por cualquier compañía que quiera permanecer en el mercado.

Debido a la gran diversidad de productos, existen dos tipos básicos de producción: el "sistema de producción intermitente" y el "sistema de producción continua", los cuales se encuentran íntimamente relacionados con los tipos básicos de distribución de planta que existen.

1.5 Sistemas de producción

La producción es el resultado obtenido de un conjunto de hombres, material y maquinaria que actúan bajo alguna forma de dirección. Los hombres trabajan sobre cierta clase de material con ayuda de la maquinaria cambiándole la forma, características o añadiéndole otros materiales, con el fin de convertir este material en un producto.

Dependiendo del bien o servicio que cada empresa produce y de los volúmenes de producción que maneja será el sistema que deba elegir como el más conveniente.

1.- Sistema de producción intermitente. A medida que los materiales fluyen de un centro de trabajo a otro, o de departamento en departamento, sufren una transformación diferente, por lo que permite la especialización de la mano de obra y del equipo en cada operación.

Este sistema se caracteriza por producir en lotes. El tamaño de los lotes con frecuencia queda establecido por el tamaño de una orden específica. Así, los lotes grandes y pequeños de productos muy similares, en algunos casos idénticos, se procesan simultáneamente. Es una producción altamente flexible.

2.- Sistema de producción continua. El producto siempre sigue las mismas etapas secuenciales de producción a una velocidad fija. El equipo de manejo de materiales es de trayectoria fija. La maquinaria es para propósitos especiales, es poco flexible y para grandes volúmenes de producción.

Al estar estos sistemas tan estrechamente relacionados con los tipos básicos de distribución de planta, pueden dar una idea del tipo de distribución que se deba elegir.

1.6 Tipos de distribución de planta

A continuación se describen los tipos básicos y las ventajas que otorgan cada uno de ellos; así como sus desventajas y el sistema de producción con el cual están relacionados.

a) *Distribución por proceso.* En esta distribución todas las operaciones del mismo proceso o tipo de proceso están agrupadas; es decir, las operaciones similares y el equipo se encuentran agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo. Se encuentra relacionada con el sistema de producción intermitente.

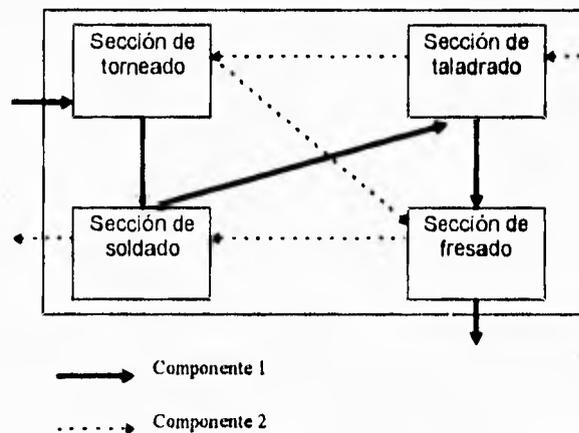


fig. 1.6.1 DISTRIBUCIÓN POR PROCESO

Ventajas:

- 1.- Es una distribución que proporciona gran flexibilidad en cuanto a la variedad de productos.

2.- Regularmente la maquinaria es de propósito general por lo que la inversión inicial es menor; por otro lado el equipo no se deprecia ni se convierte en obsoleto rápidamente.

3.- La distribución por proceso regularmente es menos vulnerable a las interrupciones; es decir, si una máquina se detiene las otras pueden seguir funcionando.

4.- Es posible aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibración, emanaciones o calor ya que la distribución de las máquinas no depende de la secuencia de las operaciones de fabricación.

5.- Facilita el sistema de pago de incentivos.

Desventajas :

1.- El manejo de materiales es muy lento y difícil, ya que los materiales se transportan por diversas rutas. La naturaleza variable de la trayectoria de materiales en las distribuciones por proceso elimina muchos de los ahorros que resultan del uso de transportadores, conductos y otros de trayectoria fija.

2.- La programación y ruta de las órdenes resulta difícil porque cada orden de trabajo requiere una ruta especial. Con frecuencia se demora una orden porque no puede realizarse el proceso siguiente debido a órdenes atrasadas que esperan a ser procesadas por una máquina que es un cuello de botella.

3.- El volumen de producción por lo general no es muy grande.

4.- La inversión en inventario es generalmente mayor, ya que debe haber existencias grandes de materia prima y una cantidad elevada de productos en proceso.

5.- Es difícil la producción en grandes volúmenes; regularmente cuando ésta aumenta substancialmente es conveniente cambiar a una distribución por producto.

b) *Distribución por producto o en línea.* Se encuentra típicamente relacionada con el sistema de producción continuo. Las máquinas, empleados y materiales se distribuyen de acuerdo a la secuencia de operaciones requeridas para producir un artículo en específico. Para poder aplicar este tipo de distribución es necesario que el volumen de producción sea grande o que sean productos específicos, para poder compensar la gran inversión en maquinarias de propósito específico. Por otro lado las partes del producto deben de ser uniformes e intercambiables, ya que fluyen a través del proceso a un ritmo determinado y éstas no pueden ser reprocesadas a lo largo de la línea de producción. Existen muchos ejemplos de este tipo de distribución en la industria, pero uno de los más significativos es el de la industria automovilística.

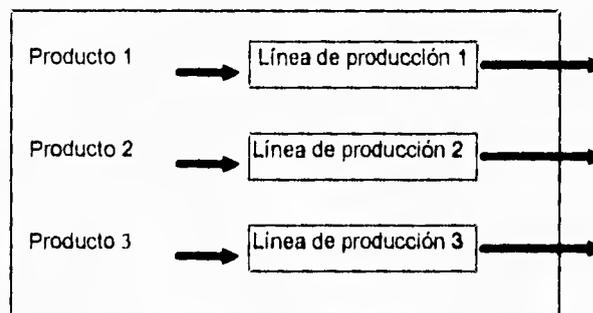


fig. 1.6.2 DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

Ventajas:

- 1.- El costo de producción por unidad por lo general es más bajo que en el caso de distribución por proceso.
- 2.- Los productos dentro de la planta se distribuyen con mayor rapidez debido a que llevan una trayectoria fija y al ritmo de las máquinas en el volumen de producción. Los costos por manejo de materiales suelen ser más bajos por unidad.
- 3.- La fijación de la ruta y la programación cronológica son más sencillas que en la distribución por proceso.

4.- Los requisitos de inventario suelen ser menores que en la distribución por proceso. Los inventarios de los productos semiterminados son menores debido a que se mueven rápidamente por la planta.

5.- El tramo de control de la supervisión puede ser bastante grande, ya que los trabajos son de naturaleza rutinaria. Esto reduce los costos de supervisión.

Desventajas:

1.- La interrupción en cualquier punto del proceso afecta toda la operación, provocando detenciones en las máquinas que preceden a otra y dejando sin alimentación a las siguientes.

2.- Debe mantenerse un volumen elevado para asegurar el retorno sobre la gran inversión en máquinas de propósitos especiales. Si el volumen decae debido a la declinación de la demanda del consumidor, una compañía distribuida por producto puede encontrarse en verdaderos problemas financieros.

3.- Puede ser difícil enfrentarse a cambios de volumen, aún cuando éste aumente. Como el sistema de producción está diseñado y equilibrado para producir una cantidad dada, para aumentar la producción tienen que agregarse segundos y terceros turnos. En otros casos, tendrá que instalarse un sistema de producción completamente nuevo.

4.- Es difícil aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones o calor.

5.- Los planes de incentivos individuales no son fáciles de implantar.

c) Distribución por posición fija. En ésta el componente principal permanece en un lugar fijo; todas las herramientas, maquinaria, hombres, y otras piezas de material concurren a él. Es un tipo menos común que la distribución por proceso y

por producto, pero es básico. Un ejemplo de este tipo de arreglo se encuentra en la construcción pesada.

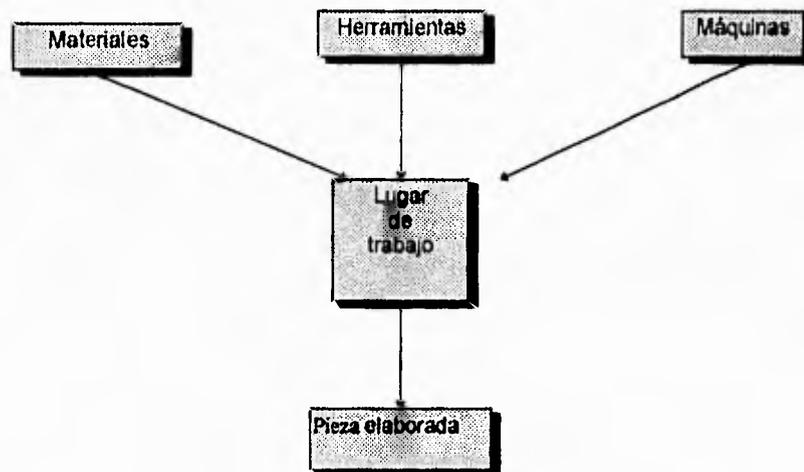


fig 1.6.3 DISTRIBUCIÓN POR PUNTO FIJO

Ventajas :

- 1.- Reduce el manejo de la pieza mayor.
- 2.-Permite que operarios altamente capacitados, completen su trabajo en un punto y hace caer sobre un trabajador o un equipo de montaje la responsabilidad en cuanto a la calidad.
- 3.-Permite cambios frecuentes en el producto o productos diseñados.
- 4.-Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.
- 5.-Las interrupciones en una parte del proyecto no detienen necesariamente toda la operación de producción.
- 6.- Es posible cambiar la secuencia de las operaciones durante la producción.

7.- Es muy flexible.

Desventaja:

- 1.- El transporte y llegada a tiempo de las herramientas, materiales u suministros.

En la industria no se encuentra una distribución de planta totalmente por producto o en proceso; es decir, regularmente existen combinaciones de éstas. Por ejemplo, se puede tener una producción por producto, pero si una operación es muy ruidosa, esta última puede ser aislada.

En la actualidad debido a los avances tecnológicos en cuanto a la producción, se han creado distintas distribuciones de plantas que surgen de la combinación de las anteriores. Un caso es la distribución de los equipos en forma de celdas que contienen agrupadas distintas máquinas que procesan piezas similares, donde la producción dentro de ellas es en línea, pero están diseñadas de tal manera que la empresa pueda fabricar en lotes. Este tipo de distribución se basa en la Tecnología de grupo.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍA DE GRUPO

2.1 Introducción

La Tecnología de grupo (TG) es un principio simple que es usado en la vida diaria. Existen personas que probablemente almacenan los calcetines separadamente de las camisas. Por otro lado puede ser que almacenen los calcetines de colores en un lugar, separados de los calcetines blancos. La organización del almacén de la ropa es una aplicación de la TG. Como se puede apreciar, unas prendas son almacenadas de acuerdo a su función (ej. camisas y calcetines) y otras son separadas por sus diferencias y almacenadas de acuerdo a sus semejanzas en color (ej. calcetines de color y blancos). Esta manera de agrupar la ropa facilita el manejo de la misma.

Tecnología de grupo, es la aplicación de los conocimientos sobre los grupos. *Específicamente es la identificación y agrupamiento de piezas a partir de sus similitudes en: el diseño, manufactura, forma, tamaño, material, procesos de fabricación, límites de tolerancia y superficies terminadas.* Este es el principio de lo que se conoce como tecnología de grupo cuyas bases metodológicas datan de 1959 y se deben al doctor Mitrov autor del libro "*Principios científicos de la tecnología de grupos*". No obstante es hasta fines de los setentas cuando empieza a utilizarse en la industria estadounidense. A partir de los ochentas su uso se ha incrementado considerablemente en aplicaciones de manufactura, sobre todo para la creación de celdas.

La tecnología de grupo puede ser aplicada a sistemas de manufactura en dos caminos: logísticamente y físicamente. En cuanto a logística las máquinas son dedicadas para partes similares, pero su posición en la fábrica no es alterada. En la manera física la distribución de las máquinas es en forma de celdas que contienen diferentes máquinas que procesan piezas similares; es decir, se diseña una distribución de planta conforme a los principios de TG, que es capaz de producir

cualquier variación de componentes que estén clasificados dentro de un grupo de similitudes. Estos grupos se denominan *familias de componentes*.



fig. 2.1.1 Familia de componentes

2.2 Ventajas que otorga la tecnología de grupo (TG)

Una de las principales ventajas es la reducción del tiempo para crear nuevos diseños ya que la TG prevé la proliferación de futuros diseños y reduce la existencia de gran cantidad de partes en los productos. También permite aprovechar la base de una familia específica para realizar los nuevos diseños de tal manera que se facilita y agiliza la elaboración de nuevos componentes.

Por medio de la TG se pueden lograr mejoras en el diseño de nuevos productos en cuanto a la reducción de:

- Número de partes diseñadas innecesarias
- Número de partes del nuevo producto
- Número de nuevos diseños por año
- Número de errores en el diseño
- Costo para crear el nuevo diseño

Por otro lado el principio de TG reduce los tiempos y costos de preparación. La planeación y control de la producción es la actividad que prepara y documenta las instrucciones de manufactura que son usadas en la producción. Cuando se

identifican las familias de productos de partes similares, la realización del plan de trabajo para cada familia se lleva a cabo en menos tiempo ya que efectuar la planeación por pieza implica tener que determinar la cantidad de material para ésta en específico, su costo unitario, la orden de operación, determinar las tolerancias y tiempo de preparación, herramientas que necesita, alimentación de la maquinaria, etc.. En cambio si se determina para una familia se puede realizar un solo plan de trabajo para varias piezas.

Cuando se practica la TG, se hacen esfuerzos por maximizar la utilización de máquinas, tales como: la extensión de las familias de partes básicas agregando partes de tipo similar o combinando dos o más subfamilias y maquinando dos o más familias de partes en el mismo grupo de máquinas. Por lo que la maquinaria tiende a tener carga constante y a estar mejor programada.

Gracias a la estandarización en cuanto a los planes de producción y las mejoras en la carga de la maquinaria, se facilita grandemente la planeación del mantenimiento de las máquinas y se promueve el mantenimiento preventivo. La mejor manera de reducir los costos en cuanto a servicio del equipo es evitar que deje de producir por descompostura. Al llevarse a cabo un mantenimiento preventivo se ven disminuidos notablemente los costos de los procesos de mantenimiento.

La estandarización de los planes de producción tiene el efecto de incrementar el volumen de partes con procesos similares que se llevan a cabo en cada máquina. La preparación de la maquinaria se realiza para las diferentes partes, pero ahora al estar organizada la producción por familias los cambios y modificaciones de las herramientas son menores. Lo ideal sería que cada familia utilizara la misma estructura básica del herramental de la máquina. Debido a esto los tiempos de ajuste de herramental se reducen.

Por último se puede decir que una de las ventajas más notorias por la aplicación del concepto de TG es la gran flexibilidad en los procesos. Esto es

importante ya que en la actualidad los cambios dentro de la industria se dan a grandes velocidades por los avances tecnológicos, por lo que éstas buscan poder innovarse al mismo ritmo.

2.3 Aplicación de la TG en la formación de familias de partes

El éxito y la eficiencia de la manufactura basada en la TG reposa en la formación de familias de partes, las cuales son *un conjunto en el que las piezas son similares en características geométricas como tamaño y forma, o bien, que implica etapas de manufactura semejante*. Las piezas son diferentes, pero lo suficientemente parecidas en sus atributos de diseño (tamaño y forma geométrica), de manufactura o de ambos, que justifican su integración en la misma familia.

Se considera que las piezas son del mismo grupo cuando se usan las mismas máquinas, así como su similitud en el tipo, secuencia y requerimientos de las herramientas.

En el agrupamiento de partes se debe de tomar en cuenta el número de partes y su frecuencia de fabricación. Entre mayor sea la similitud de requerimientos del procesamiento y de la frecuencia de lotes, más efectiva será la formación de familias para las aplicaciones prácticas del concepto de tecnología de grupo en la realización de grupos de máquinas, en la programación de secuencias y cargas óptimas de la maquinaria.

La complejidad de los sistemas de manufactura basados en TG se encuentra en la agrupación de piezas. Existen tres métodos para la formación de familias, los cuales se basan en técnicas distintas y cuya aplicación depende principalmente de la cantidad y diversidad de productos dentro de la empresa que se pretende aplicar la TG como principio básico de distribución de la planta, programación de la producción y carga de las máquinas.

Los métodos son los siguientes:

El primero de ellos es la *inspección visual* el cual se considera el más sencillo. Este sistema implica la observación de las piezas ya sea de manera física o a través de un dibujo y su colocación dentro de un grupo de piezas similares. Por su estructura es el que más tiempo consume, además de ser el más inexacto, ya que a pesar de no ser complejo su efectividad se ve limitada cuando se trata de un gran número de partes. Asimismo se encuentra sujeto al criterio de la persona que realiza la selección.

Otro método es el de la *clasificación y codificación*, el cual se lleva a cabo por medio de un examen de los atributos individuales de manufactura, los de diseño o de ambos para cada pieza. La asignación del número clave se realiza en base a estos atributos. La agrupación se efectúa con los números clave similares formándose de esta manera las distintas familias.

Los sistemas de clasificación de partes regularmente entran en una de las siguientes categorías.

Sistemas basados en atributos de diseño de piezas. Incluyen: forma exterior básica, relación diámetro/longitud, tipo de material, función de la parte, tolerancias, etc.

Sistemas basados en atributos de manufactura. Incluyen: proceso principal, dimensiones básicas, máquinas utilizadas, secuencia de operaciones, tiempo de operación, plan de producción, herramientas, etc.

Sistemas basados en una combinación de atributos de diseño y manufactura. En este caso, la clave o código de la pieza consta de una sucesión de cifras que identifican los atributos de diseño y de manufactura de la pieza.

La clasificación y codificación para su aplicación en la tecnología de grupo es un problema muy complejo. Aunque se han creado muchos sistemas y hecho innumerables esfuerzos para mejorarlos, aún no existe uno universalmente aceptado. Debido a que cada empresa tiene sus propias necesidades y condiciones,

Los métodos son los siguientes:

El primero de ellos es la *inspección visual* el cual se considera el más sencillo. Este sistema implica la observación de las piezas ya sea de manera física o a través de un dibujo y su colocación dentro de un grupo de piezas similares. Por su estructura es el que más tiempo consume, además de ser el más inexacto, ya que a pesar de no ser complejo su efectividad se ve limitada cuando se trata de un gran número de partes. Asimismo se encuentra sujeto al criterio de la persona que realiza la selección.

Otro método es el de la *clasificación y codificación*, el cual se lleva a cabo por medio de un examen de los atributos individuales de manufactura, los de diseño o de ambos para cada pieza. La asignación del número clave se realiza en base a estos atributos. La agrupación se efectúa con los números clave similares formándose de esta manera las distintas familias.

Los sistemas de clasificación de partes regularmente entran en una de las siguientes categorías.

Sistemas basados en atributos de diseño de piezas. Incluyen: forma exterior básica, relación diámetro/longitud, tipo de material, función de la parte, tolerancias, etc.

Sistemas basados en atributos de manufactura. Incluyen: proceso principal, dimensiones básicas, máquinas utilizadas, secuencia de operaciones, tiempo de operación, plan de producción, herramientas, etc.

Sistemas basados en una combinación de atributos de diseño y manufactura. En este caso, la clave o código de la pieza consta de una sucesión de cifras que identifican los atributos de diseño y de manufactura de la pieza.

La clasificación y codificación para su aplicación en la tecnología de grupo es un problema muy complejo. Aunque se han creado muchos sistemas y hecho innumerables esfuerzos para mejorarlos, aún no existe uno universalmente aceptado. Debido a que cada empresa tiene sus propias necesidades y condiciones,

se requiere buscar uno que se pueda adaptar a las necesidades y requerimientos específicos de cada una. El sistema debe de ser utilizable por los departamentos de: diseño e ingeniería, planeación y control de la producción, producción y herramental, así como el de administración.

Un código para un sistema de clasificación y codificación se puede definir como una serie de símbolos que se emplean en el procesamiento de información en el que cada letra o número o una combinación de ellos se les confiere cierto significado; es decir, es la representación de los componentes de manufactura, de diseño o de ambos, por medio de símbolos.

Para la construcción de un código existen varios factores que se deben de considerar:

- 1.- La población de los componentes (por ejemplo: prismáticos, rotacionales, láminas, etc.)
- 2.- La estructura del código: monocódigo, policódigo o híbrido
- 3.- La representación del código (por ejemplo: números, letras, sistema binario, hexadecimal, etc.)
- 4.- Los detalles que representa el código.

La población de los componentes contribuye a la variedad de formas. Por ejemplo, la población de los Estados Unidos está constituida por todas las razas que existen en la Tierra. Aquello que distingue a las razas es: el color del cabello, color de ojos, entre otras características. En una nación como China o Japón, no vale la pena registrar el color de piel, el color del cabello, ojos, etc., ya que no existe una variedad significativa. Los componentes que representan un código deben de ser aquellos que representen diferencias significativas. Cuando se diseña un código se deben de cumplir dos propiedades: la primera es que el código no debe de ser ambiguo y la segunda es que debe ser completo. Para que no sea ambiguo es necesario que cada una de las características significativas de la población estén

representadas por un solo símbolo. El hecho de que sea completo significa que a ninguna característica le falte el símbolo que la represente.

Lo anterior dicho matemáticamente:

Se puede definir al código como una función H cuyos componentes parten de una población P a una población C (ver figura). Un código no ambiguo es aquel que se ha definido como:

$$i \in P \Rightarrow \exists \text{ solo una } j \in C \Rightarrow j = H(i)$$

Un código completo se puede definir como:

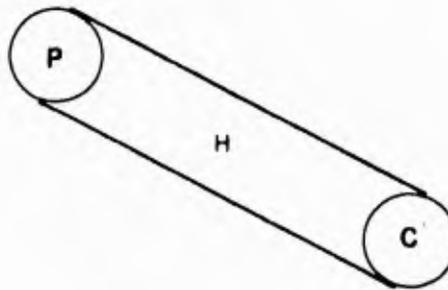
$$\forall i \in P \exists j \in C \Rightarrow j = H(i)$$

Donde:

P = población

H = código

C = población codificada



Las dos propiedades aseguran que cada componente en una población tenga su propia codificación.

Por otro lado los códigos para la TG deben de tener una estructura específica. Existen tres formas básicas: las estructuras jerárquicas, las estructuras en cadena y las estructuras híbridas.

Las estructuras jerárquicas también llamadas monocódigos son aquellas en las que el código va a ser interpretado de tal manera que cada cifra consecutiva depende de la cifra inmediatamente anterior. Ofrecen la ventaja de que la información es compacta, pero son difíciles de crear e interpretar.

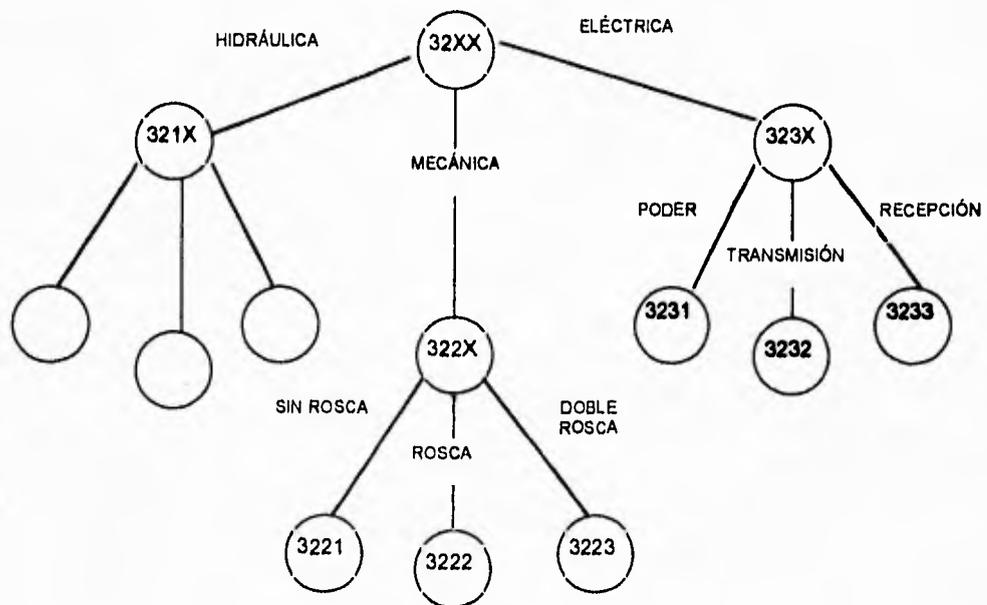


fig. 2.3.1 ESTRUCTURA DE MONOCÓDIGO

Las estructuras en cadena o policódigos son aquellas en las cuales la interpretación de cada cifra sucesiva se fija según la posición dentro del código. Son extensas pero fáciles de interpretar y diseñar.

TABLA DE UN POLICÓDIGO

<i>Posición del dígito</i>	1	2	3
Característica Código	Forma Externa	Forma interna	Agujeros
1	Forma 1	Forma 1	Axial
2	Forma 2	Forma 2	Cruzado
3	Forma 3	Forma 3	Axial y cruzado

La estructura híbrida es una en la que su interpretación se lleva a cabo mediante una combinación de las dos anteriores.

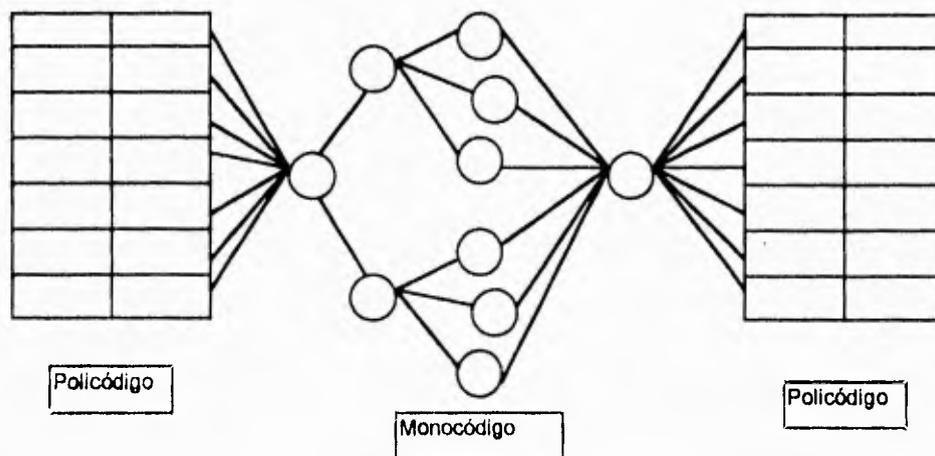


fig. 2.3.2 ESTRUCTURA HÍBRIDA

Un ejemplo de sistemas de codificación es el OPT12 el cual quizá es el más conocido para clasificar piezas. La estructura del código adopta la forma 123456789 ABCD. Las primeras nueve cifras constituyen el código básico tanto de diseño como de manufactura. Las primeras cinco se denominan "código de forma" y dan los principales atributos del diseño de la pieza. Las cuatro siguientes constituyen el "código complementario" e indican algunos atributos de manufactura. El resto denominado "código secundario", se utiliza para indicar las operaciones de manufactura por tipo y sucesión.

Dependiendo de las características de la empresa se establece el código a utilizar. Las piezas que tengan código semejante, se clasifican y se agrupan en familias.

El sistema de clasificación y codificación es muy completo, pero tiene la desventaja que en la mayoría de las veces su aplicación es muy lenta e impráctica por la búsqueda y establecimiento del código que sea realmente el apropiado para la empresa.

Otro método para la formación de familias es el llamado *Análisis de flujo de manufactura*. Para este sistema se usan como información las hojas de ruta, que describen la secuencia para la fabricación de las piezas. Cuando éstas tienen secuencias similares o idénticas, se agrupan en una familia.

Para aplicar el análisis de flujo de manufactura primeramente se analiza la secuencia de operaciones y los desplazamientos de una máquina a otra de las piezas que se producen en una planta, y se van a agrupar en una familia aquellas que tengan secuencias y trayectorias similares. Con este método es relativamente sencillo establecer celdas de manufactura.

Para la agrupación de familias en una planta mediante el uso de este sistema es necesario contar con la siguiente información:

- 1.- El número de piezas y trayectorias para cada pieza que se manufactura en la planta.
- 2.- La clasificación de trayectorias de procesos en paquetes conforme a su similitud.
- 3.- Un diagrama que muestre la secuencia de procesos (en términos de números de código de la máquina).

Estos datos pueden ser facilitados por el personal de la empresa encargado de recopilarlos y organizarlos, o bien realizarse todo un estudio del proceso para obtener esta información, lo cual lleva más tiempo.

Para facilitar el uso del método *análisis de flujo* se ha elaborado una técnica llamada matriz máquina-componente. Una vez que se han analizado las hojas de proceso e identificado las operaciones y la maquinaria con las que se cuenta para llevar a cabo la elaboración de las partes de las distintas piezas que se producen en la planta, el siguiente paso es la formación de la matriz máquina-componente, en la cual los renglones representan las máquinas y las columnas representan los componentes o viceversa. Si una celda dentro de la matriz es $A_{ij}=1$, esto indica que la máquina hace el componente j , o si $A_{ij}=0$, no existe relación entre los dos. De manera que la matriz completa es un arreglo aleatorio de 0 y 1. La representación visual de la posible constitución de las familias es la clave de este método.

Un ejemplo para una mayor comprensión se muestra a continuación.

Primeramente se construye una matriz A_{ij} , donde los renglones (i) representan las máquinas y las columnas (j) representan los componentes.

		COMPONENTES					
		1	2	3	4	5	
1	[	1	1	0	1	1	NÚMERO DE MÁQUINA
2	[	1	0	1	0	0	
3	[	0	1	0	1	0	
4	[	1	0	1	0	0	
		MATRIZ 1					

Rearreglando los renglones y las columnas de la matriz (1) resulta la matriz (2).

		COMPONENTES					
		1	3	2	4	5	
2	[	1	1	0	0	0	NÚMERO DE MÁQUINA
4	[	1	1	0	0	0	
1	[	0	0	1	1	1	
3	[	0	0	1	1	0	
		MATRIZ 2					

Se puede observar claramente en la matriz (2) que los componentes 1 y 3 forman parte de una misma familia, ya que son procesados con la misma maquinaria; mientras que los componentes 2, 4 y 5 son una segunda familia cuya secuencia de operación es en el mismo orden.

Por lo tanto este método es una de las maneras más sencillas y prácticas en la formación de familias. El único requisito para el éxito del mismo es el contar con información muy confiable sobre el proceso de las piezas, es decir, de los datos de operación u hojas de trayectoria.

Una vez que se identifican las familias que existen dentro de la empresa se puede llevar a cabo la aplicación del concepto de TG en los distintos departamentos como son los de diseño, administración, mantenimiento y manufactura. En cuanto a manufactura una práctica muy común es la formación de celdas de manufactura, que consiste en la distribución de la maquinaria de acuerdo a las distintas familias encontradas.

2.4 Diseño de celdas de manufactura

Varias compañías que se dedican a la manufactura de productos por lote, ya sean pequeños o medianos, regularmente tienen una planta productiva distribuida por proceso. Como ya se mencionó en el Capítulo 1, en este tipo de distribución se colocan las máquinas semejantes juntas y se procesan piezas diferentes, por lo que la materia prima no tiene una trayectoria definida. Los principales problemas a los que se enfrentan estas empresas son los altos inventarios de material semiprocesado y materia prima, desperdicios en grandes cantidades, retrasos en las órdenes de entrega y tiempos altos en el ciclo de manufactura de los productos. Por otro lado, la principal ventaja en dicha distribución es la gran flexibilidad.

El principio de Tecnología de grupo es aplicado en ocasiones en este tipo de distribución de manera informal. Esto se presenta cuando los operadores o los supervisores, para agilizar el proceso, en base a su experiencia agrupan piezas que van a ser procesadas en la misma máquina y cuya preparación es similar, ahorrándose así tiempo de iniciación del equipo. Por ejemplo cuando el material está esperando a ser procesado en una estación de trabajo, los conocimientos de la preparación que se requieren entre las partes que están esperando pueden ser usados para agrupar las piezas y ahorrar tiempo. Si la empresa usa un listado de

entregas de los productos finales basado en fechas, regularmente se emplazan los lotes que se entregarán en un lapso mayor y se les da prioridad a los urgentes. El tiempo ahorrado en la preparación regularmente se pierde, o no es posible la agrupación de las piezas.

En la actualidad existen compañías que, en vez de agrupar maquinaria semejante, agrupan la maquinaria que procesa piezas o partes parecidas. Las piezas llegan a estaciones de trabajo donde se encuentran distintas máquinas que van a procesar las partes que tienen similitudes (familias). Al realizarse la producción de esta manera se ahorra el tiempo de preparación en las máquinas y se logra que el flujo del material sea constante y de manera fija. A este tipo de distribución se le llama por *celdas de manufactura*.

Haciendo una comparación se podría decir que la distribución por celdas de manufactura es contraria a la distribución por proceso; pero en realidad está utilizando el mismo principio, el de agrupar, solamente que en vez de juntar las máquinas que realizan la misma función agrupan aquellas que procesan las partes o productos semejantes.

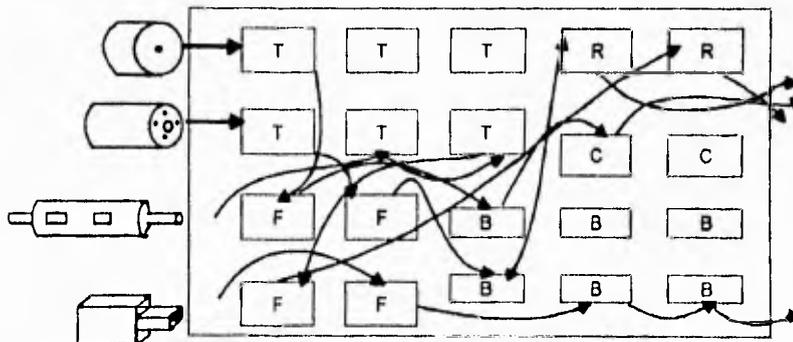


fig. 2.4.1 DISTRIBUCIÓN POR PROCESO

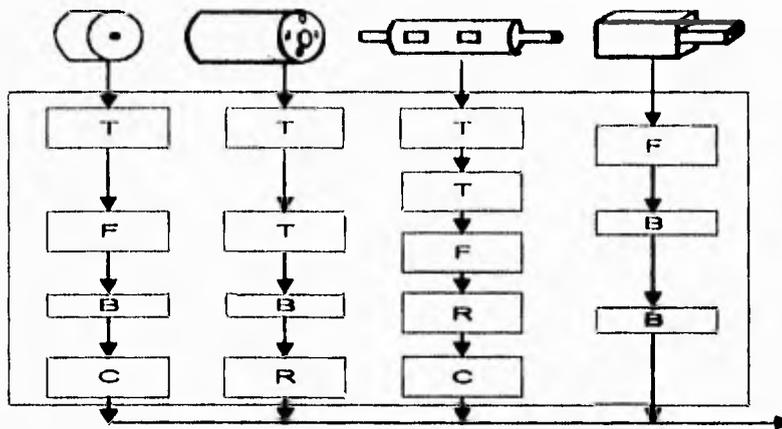


fig. 2.4.2 DISTRIBUCIÓN POR CELDAS DE MANUFACTURA

Entonces se puede definir a la *celda de manufactura* como un grupo de máquinas diversas, colocadas una cerca de la otra, que son capaces de procesar una familia de partes o más, de tal modo que pueda ejecutar todas las operaciones requeridas por éstas.

La idea de la tecnología de grupo es la misma, es decir, aprovechar la eficiencia por la simplificación de procesos y la producción de partes similares. El agrupamiento de máquinas proporciona diversas ventajas, ya que se reduce la distancia de los movimientos de la materia prima a través de la maquinaria y los tiempos de espera entre las estaciones de trabajo. Además permite que los operadores atiendan y supervisen varias máquinas a la vez. La unidad de la celda también crea un ambiente que refuerza la motivación del trabajador o del equipo de trabajadores que realizan sus labores dentro de la misma, ya que se podría decir que al tener un conocimiento más amplio sobre el proceso de la pieza pueden tomar sus propias decisiones, lo que no sucede por ejemplo en un proceso en línea donde sólo conocen la operación específica que realizan.

Existen celdas donde los operadores son los responsables del monitoreo de las máquinas, cambios de las herramientas, manejo de los materiales entre las máquinas, control del proceso y mantenimientos sencillos, por lo que el éxito de aquéllas depende del factor humano, el cual vigila el comportamiento de las actividades dentro de las mismas. En la actualidad hay celdas totalmente automatizadas donde un robot es el encargado de vigilar las operaciones dentro de ella y son los llamados sistemas de manufactura flexible.

Dentro de las celdas se pueden realizar operaciones de fabricación, maquinado o ensamble. En algunas ocasiones se llevan a cabo todas o combinaciones de éstas dentro de la misma, por lo que se puede observar que el más eficiente sistema de manufactura, el ensamble en línea, es de hecho una celda.

Una celda puede tener en su interior distintas maneras de flujo. El flujo en línea es el ideal ya que simplifica las operaciones. La distribución de las máquinas dentro de la celda no necesariamente tiene que ser lineal, sino que puede ser en forma de círculo o en u. Este último es el más común y el más eficiente ya que se reducen las distancias dentro de la celda para los operadores y para el manejo de los materiales. En una celda el material no puede sufrir retrocesos, evitándose así confusiones en la secuencia del proceso.

Al implementarse las celdas se evita la formación de almacenes temporales de material semielaborado, ya que regularmente se une la alimentación de una de las máquinas con la salida de la anterior de modo que estén acopladas y trabajen al mismo ritmo. Así se logra un mejor aprovechamiento del espacio, y por lo mismo la manipulación de los materiales es menor reduciéndose los costos de su manejo.

El establecimiento de las celdas de manufactura para procesar las familias de partes es realmente sencillo si se aplica un sistema de *clasificación y codificación* bien diseñado o utilizando la técnica de *análisis de flujo de proceso*. Esto quiere decir que la TG es utilizada para ayudar en el diseño conceptual de aquéllas, ya que

ofrece a este tipo de sistemas la habilidad para la elección precisa mediante un análisis rápido del producto. Esto es muy benéfico si se considera que la aceleración del diseño hace que éste sea generalmente más fácil de implantar y forma una base científica y tecnológica para la justificación.

Para efectuar la creación conceptual de la celda es necesario recolectar primeramente toda la información necesaria, que incluye:

- a) Descripción de cada una de las operaciones
- b) Proceso para determinar la familia de piezas o grupo (comprende tamaño, forma, material, secuencia, hojas de proceso).
- c) Hojas de ruta (que deberán contener equipo, herramental, cambios de proceso, etc.)
- d) Lista del equipo disponible para cada celda (con indicaciones de capacidad), identificación de equipo común utilizado en dos o más celdas y lineamientos de operación.

Ya que se obtuvo y analizó dicha información, se procede a la identificación de familias. Retomando el ejemplo del flujo de proceso se tiene lo siguiente:

Primeramente se construye una matriz A_{ij} , donde los renglones (i.) representan las máquinas y las columnas (j) representan los componentes.

		COMPONENTES													
		1	2	3	4	5									
1	<table border="0" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">1</td><td style="padding: 0 5px;">1</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">2</td><td style="padding: 0 5px;">1</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">3</td><td style="padding: 0 5px;">0</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 0 5px;">4</td><td style="padding: 0 5px;">1</td></tr> </table>	1	1	2	1	3	0	4	1	1	0	1	1	1	
1		1													
2		1													
3		0													
4	1														
2	1	0	1	0	0	NÚMERO									
3	0	1	0	1	0	DE									
4	1	0	1	0	0	MÁQUINA									

MATRIZ 1

Rearreglando los renglones y las columnas de la matriz (1) resulta la matriz (2).

		COMPONENTES					
		1	3	2	4	5	
NÚMERO DE MÁQUINA	2	1	1	0	0	0	
	4	1	1	0	0	0	
	1	0	0	1	1	1	
	3	0	0	1	1	0	

MATRIZ 2

Se puede observar con facilidad que los componentes 1 y 3 forman parte de una misma familia; mientras que los componentes 2, 4 y 5 son una segunda familia. Esto se identifica en la matriz(2).

A continuación se procede a la formación de las celdas. Una de las celdas va a estar constituida por las máquinas 2 y 4 a la que llamaremos $MC-1=\{2,4\}$ y la segunda celda está formada por las máquinas 1 y 3 a la que llamaremos $MC-2=\{1,3\}$.

Una vez establecidas las celdas se deben de buscar las máquinas que llevan operaciones afines entre celda.

		COMPONENTES					
		1	3	2	4	5	
NÚMERO DE MÁQUINA	2	1	1	0	0	1	
	4	1	1	0	0	0	
	1	0	0	1	1	1	
	3	0	0	1	1	0	

MATRIZ 3

En este caso se puede identificar que para la pieza 5 es necesario que comparta la máquina 2 de la primera celda y la máquina 1 de la segunda y que, por conveniencia, es preferible programar la producción de esta pieza de dicha manera que deshacer las celdas anteriores.

Otra manera de definir cuáles celdas son más convenientes de formar, es por medio de la capacidad de las maquinarias, ya que unir una máquina de baja capacidad con una de alta puede no ser conveniente; y será mejor buscar la manera de unirla con una de capacidad semejante que procese la misma parte de familias. En ocasiones también es necesario para la formación de las celdas tomar en cuenta las tolerancias requeridas por las familias.

Se podría decir que la implantación de celdas de manufactura tiene como objeto crear un ambiente en línea para una base de productos de manufactura por lotes. Esto requiere que el producto sea analizado para la selección de una familia de piezas cuyos parámetros de manufactura sean similares entre sí, y de esta manera poder procesarlas con un mínimo de cambios. Los beneficios que se derivan de esta forma de producción son, entre otros: la reducción de inventarios en proceso, la disminución de desperdicios, el aumento de la calidad y un mejor control de manufactura.

Debido a los atributos que proporciona una distribución de planta en forma de celdas de manufactura, a continuación se va a analizar la posibilidad de implantar este sistema en una planta manufacturera de partes automotrices llamada CLEMEX.

CAPÍTULO 3

CLEVITE DE MÉXICO, S.A DE C.V

3.1 Historia

Clevite de México es una compañía productora de partes automotrices. Esta empresa fue fundada el 16 de Febrero de 1959 en la ciudad de Naucalpan, Estado de México, con 120 empleados y 350 obreros. Se podría decir que era una sucursal originaria de Cleveland, Ohio, E.U.A. puesto que casi el 100% de su capital era extranjero, perteneciente al grupo Gold.

Posteriormente en 1981, la planta productora se trasladó al municipio de Lerma, Estado de México, iniciando sus operaciones con 20 empleados y 30 obreros. Durante 1982 se tuvieron pérdidas, ya que de una tonelada de acero procesada completamente, 20% o más resultaba defectuosa.

Durante los años de 1984 y 1985 fue adquirida por accionistas mexicanos por lo que se convirtió en Clevite de México (CLEMEX). A punto de cerrarse en 1987 inició una época de recuperación generando utilidades hasta la fecha. Todo esto debido a la inquietud de la planta directiva por optimizar sus recursos.

En la actualidad el objetivo de esta empresa es lograr su permanencia a largo plazo dentro del mercado, de modo que pueda generar riquezas para el país, utilidades para la compañía, desarrollar a su personal, cumplir con su obligación social, ser un buen cliente y un buen proveedor.

Para realizar dicho objetivo CLEMEX ha establecido metas a largo plazo alcanzables, por lo que ha diseñado distintas estrategias para llevarlas a cabo. Sabe que su principal recurso es el humano, por lo que su estrategia es tratar de motivarlo haciéndolo sentir parte de la empresa, con la oportunidad de participar en la toma de decisiones sobre la tarea que se le ha encomendado dentro de ella y capacitándolo

continuamente. Esto implicará que se produzca con mayor eficiencia y logrando la *mejora continua*.

Para alcanzar una mayor productividad dentro del proceso se requiere hacerlo más eficaz, además de encontrar la manera de reducir los costos de producción. Por ejemplo, se puede buscar que el material se manipule lo menos posible dentro del proceso, tratar de organizar el almacén de materias primas de tal manera que las primeras entradas sean las primeras salidas, y así evitar que el material envejezca dentro del almacén e identificar las partes del proceso que genere mayores desperdicios para corregirlas.

Como se comentó en el Capítulo 1, una de las técnicas para alcanzar la reducción de costos y mejorar los procesos de producción es realizando una redistribución de planta, por lo que el fin de esta trabajo es hacer una propuesta de una mejor distribución para Clevite de México.

3.2 Descripción del producto

El giro de la empresa es la fabricación de cojinetes para todo tipo de vehículos. Dichas partes como su nombre lo indica forman un cojín entre las partes fijas y las partes móviles del motor de un automóvil. Su función es la de permitir el movimiento relativo entre las dos partes, además de reducir el rozamiento entre éstas, mediante un elemento más que es el lubricante, el cual se encuentra atrapado entre el cojinete y la parte móvil.

Existen dos tipos básicos de cojinetes: los llamados con rodamientos, los cuales consisten en un aro de metal en cuyo interior se encuentran balines o cilindros metálicos que pueden rodar fácilmente entre la parte fija y la de movimiento, y los de deslizamiento, que resultan de la unión de dos medias lunas de metal.

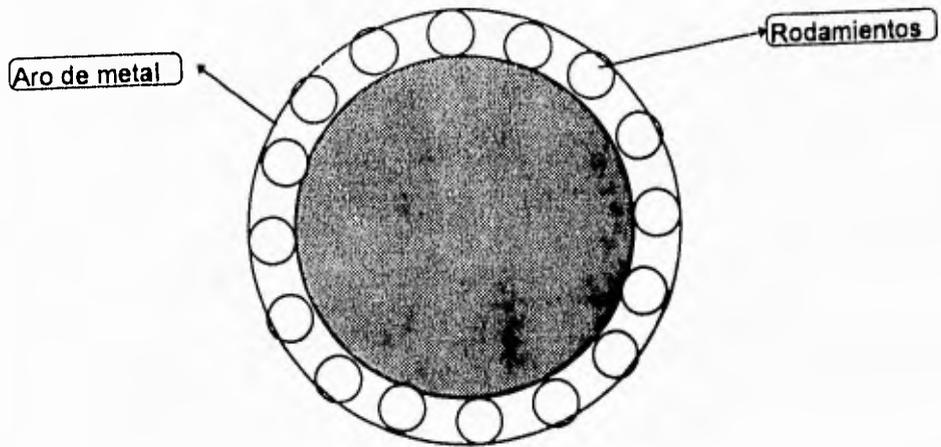


fig. 3.2.1 Cojinete de rodamientos

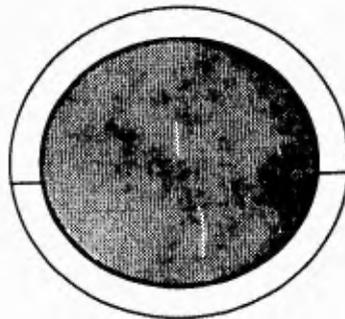


fig. 3.2.2 Cojinete de deslizamiento

Dentro de la planta de CLEMEX se producen cojinetes de deslizamiento, los cuales tienen como ventaja con respecto a los cojinetes con rodamientos que son más sencillos de fabricar, forman una película lubricante que amortigua mejor las vibraciones, los choques y el ruido, consumen menor potencia a altas velocidades, pueden trabajar a mayores temperaturas, son menos sensibles a las impurezas, requieren menos precisión de ajuste, existen en mayor variedad en cuanto a

dimensiones fijas y para diámetros grandes resultan menos costosos. Por otro lado tienen como desventaja que consumen mayor cantidad de lubricante, al momento de arranque el rozamiento es mayor y requieren de mayor atención para asegurar un buen engrase.

Dentro de los cojinetes de deslizamiento existen tres tipos y son: el cojinete recto, el buje y el cojinete con pestaña. La única diferencia es su tamaño y el uso que se les da. El buje es utilizado para disminuir la fricción entre los árboles de leva y la parte fija del motor y para proporcionarles puntos de apoyo de modo que se mantengan girando en su lugar, están fabricados de manera circular y hechos de una cinta de acero enrollada con una junta de inglete sin traslape. El cojinete recto sirve para eliminar la fricción entre la biela y el cigüeñal y el cojinete con ceja como su nombre lo indica va a ser fabricado con cejas, ya que es utilizado para evitar el movimiento transversal del cigüeñal, conocido como "Juego lateral", y evitar la fricción entre las partes móviles y fijas del motor.

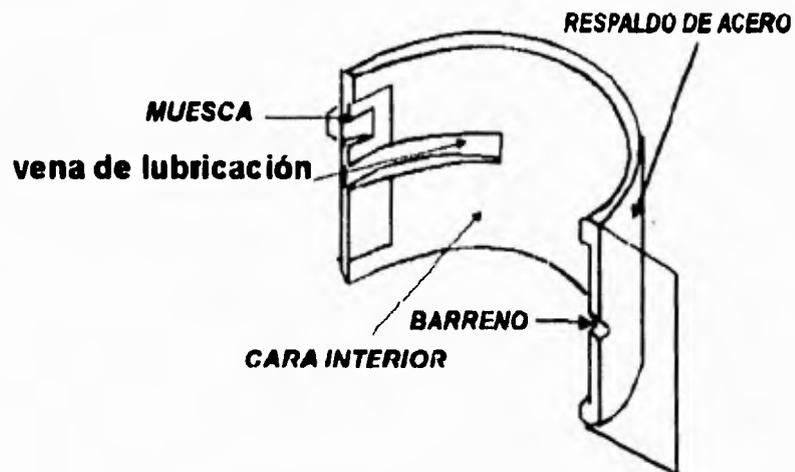


fig. 3.2.3 COJINETE RECTO

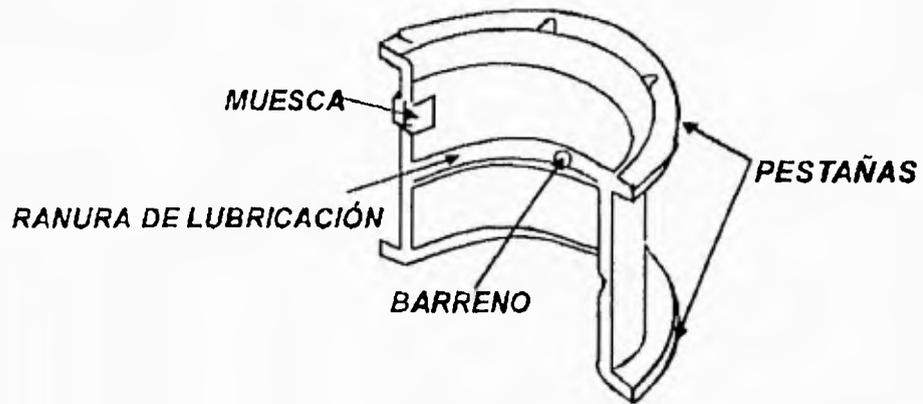


fig. 3.2.4 COJINETE CON PESTAÑA

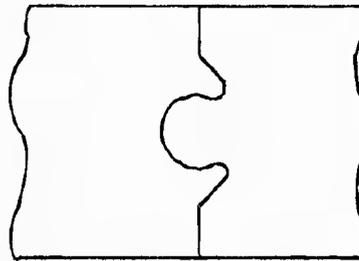


fig. 3.2.5 JUNTA DE INGLETE PARA UN BUJE

El principal producto de CLEMEX en cuanto volumen de producción es el cojinete recto, por lo que se decidió hacer el análisis y propuesta de redistribución para éste en específico.

3.3 Cojinete recto

Los cojinetes rectos en un motor forman parte del conjunto Pistón -Biela - Cigüeñal. La biela se encuentra unida al pistón por la parte superior y por la inferior al cigüeñal. El cojinete se va a alojar entre la biela y el cigüeñal.

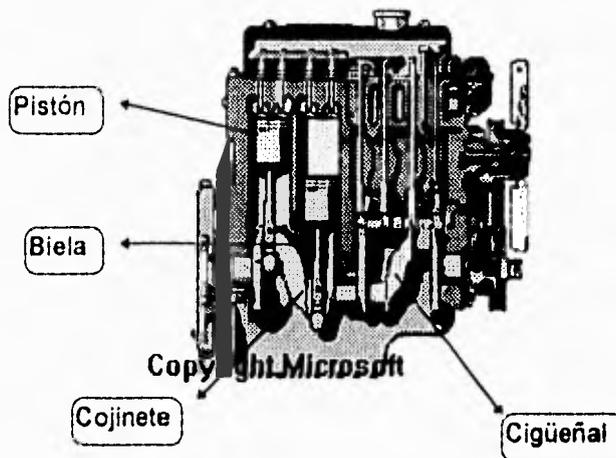


fig. 3.3.1 POSICIÓN COJINETE

Por la posición que ocupa el cojinete, además de tener una superficie interior de baja fricción en la cual gira el eje, debe de soportar grandes cargas. Aún cuando se instalen cojinetes de alta calidad, siempre existirá un pequeño desgaste cada vez que el motor esté caminando. Este desgaste lo debe de absorber el cojinete.

Las partes del motor que contienen al cigüeñal, son muy costosas tanto de reparar como de reponer; por lo que el cojinete está hecho de manera que no solo absorba el desgaste por fricción sino que proteja el muñón de la pieza. El cojinete está diseñado para que pueda ser reemplazado con rapidez y exactitud.

Se puede resumir entonces que los cojinetes rectos deben de ser diseñados y fabricados para soportar: grandes cargas, desgastes y temperaturas generadas por el movimiento de las partes del motor. Además de deben cumplir con las

características de ser intercambiables, resistentes a la corrosión, ser conductores térmicos, permitir la incrustación de pequeñas partículas y ser conformables.

Para poder cumplir con lo anterior, un factor determinante es el material del cual van a ser fabricados. El material de respaldo del cojinete es cinta de acero por su gran resistencia, conductividad térmica, su buena adherencia con el material de revestimiento y su bajo costo.

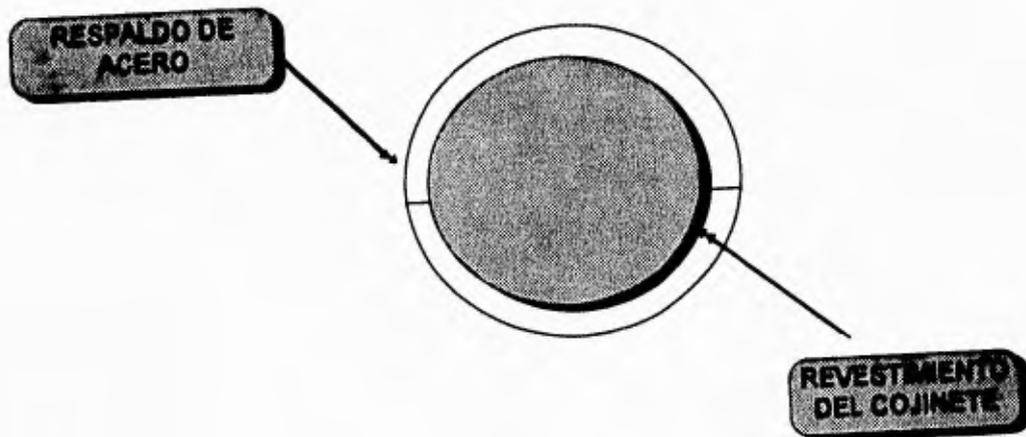


fig. 3.3.2 VISTA FRONTAL DE UN COJINETE

Para el recubrimiento del cojinete la aleación de plomo-estaño o bien "Babbitt" fue la base del desarrollo que han tenido hasta la época los distintos recubrimientos. Isacc Babbitt es quien en el siglo XVIII logra elaborarla, enfocada en ese momento a las chumaceras de las máquinas de vapor. Hoy en día existe una gran variedad de aleaciones de recubrimiento y están clasificadas en los siguientes cuatro grupos:

- 1.- Aleación plomo estaño
- 2.- Aleaciones cobre-plomo (sinterizado)
- 3.- Aleaciones de aluminio
- 4.- Aleaciones de cobre-plomo (fundido)

Todas estas aleaciones pueden adherirse sobre respaldos de cinta de acero y cumplen con los requerimientos de ser superficies antifriccionantes, permiten las incrustaciones de pequeñas partículas, son conductoras de calor y no se corroen fácilmente. Por su lado cada tipo de recubrimiento tiene sus propias características que hacen que proporcionen mejor rendimiento bajo las condiciones específicas para las cuales fue desarrollado.

Por lo tanto el material seleccionado para el recubrimiento de los cojinetes será aquel que satisfaga los requerimientos del uso para el cual va a ser fabricado. En la siguiente tabla se muestran algunas de las aplicaciones de cada tipo de aleación.

ALEACIÓN	APLICACIONES
BABBITT	<ul style="list-style-type: none"> • Bujes para motores eléctricos • Bujes para árbol de levas (motores para gasolina) • Bujes para motores de compresores
COBRE-PLOMO (SINTERIZADO)	<ul style="list-style-type: none"> • Bujes, • Arandelas y • Cojinetes para motores de gasolina y diesel
ALUMINIO	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cojinetes de biela para motor ◆ Cojinetes para cigüeñal ◆ Bujes para árbol de levas
COBRE- PLOMO (FUNDIDO)	<ul style="list-style-type: none"> * Motores diesel * Automóviles * Sistemas de transmisión en aviones * Turbinas * etc.

TABLA DE DISTINTOS USOS DE LOS COJINETES

En un cojinete sus características no solo van a ser dadas por el material de que está fabricado, sino que también va a influir el diseño en cuanto a su forma.

Para que un cojinete pueda desempeñar correctamente sus funciones, debe permanecer fijo en su lugar y la cara exterior debe estar totalmente en contacto con la superficie del asiento (interior de la biela). Lo anterior es con el objeto de que la disipación del calor sea perfecta, por lo que el diámetro final del cojinete es una característica que debe ser muy bien diseñada y fabricada

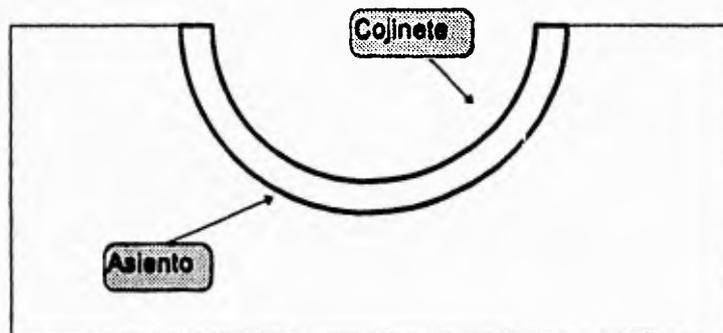


fig. 3.3.3 Cojinete ensamblado

Los cojinetes rectos, por ser para bielas, se manufacturan con separación de bordes. Esto quiere decir que la distancia entre los bordes exteriores es un poco mayor que el diámetro del asiento, de tal manera que el cojinete sea instalado a presión. Esta característica no solo es necesaria para que el cojinete quede en total contacto con la superficie, sino también para que exista un ajuste con apriete. Se debe cuidar que, aunque sea a presión, no se deforme en un óvalo en lugar de ser medio círculo.

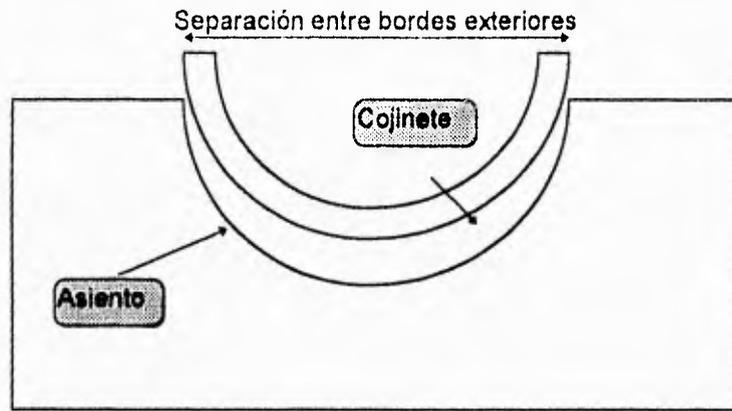


fig. 3.3.4 La separación de los bordes evita que el cojinete tenga un ajuste con juego

Para que el cojinete se ensamble con la biela, cuenta con un dispositivo llamado muesca que sirve para que el acoplamiento se realice con mayor facilidad. La muesca se proyecta hacia afuera en la superficie de separación del cojinete y encaja suavemente en la ranura que tiene el asiento de la biela, eliminando toda posibilidad de movimiento o corrimiento durante el ensamblado.

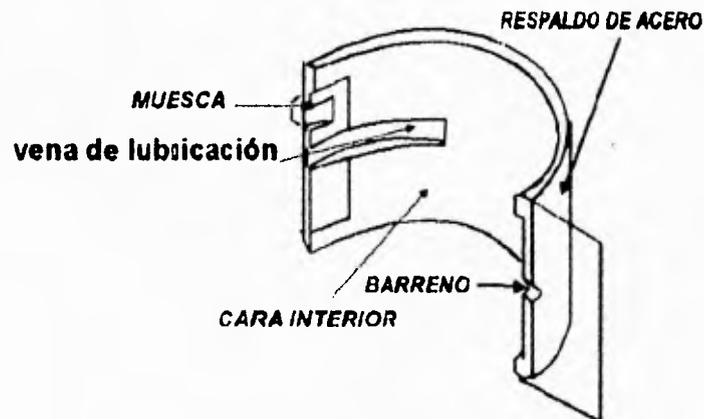


fig. 3.3.5 cojinete con muesca

El cojinete en ocasiones cuenta con ranuras de lubricación que se usan para distribuir el aceite que se va a encontrar atrapado entre la parte fija y la parte móvil del motor de modo que se reparta el lubricante sobre toda la superficie del eje. Esto provoca que se forme una película de aceite sobre toda el área de la cara interior del cojinete. Algunos cojinetes están diseñados con una ranura de lubricación que circunda todo el cojinete a través del centro del mismo.

Los cojinetes rectos van a tener dos partes principales, el semicírculo superior (upper) y el semicírculo inferior (lower). Se van a poder diferenciar la una de la otra por la posición que ocupan dentro de la biela, la cual va a estar determinada por la muesca. En el lower se va a encontrar un barrenado de lubricación el cual tiene como objeto ya sea lubricar el cojinete o facilitar la lubricación de las partes adyacentes.

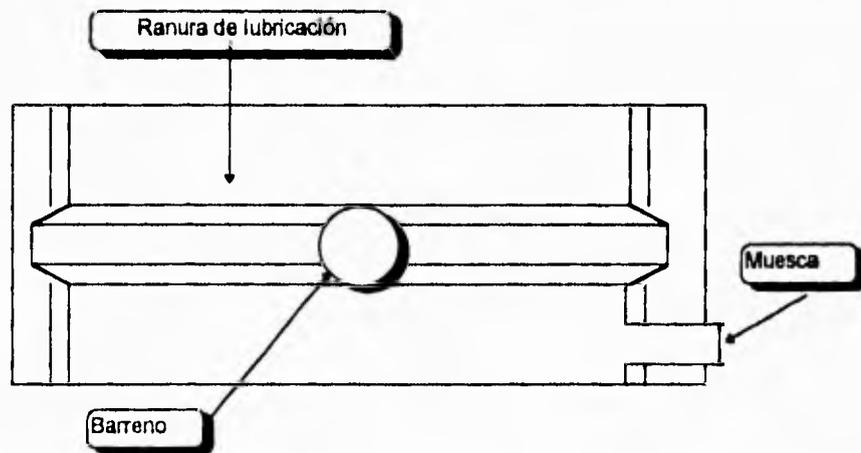


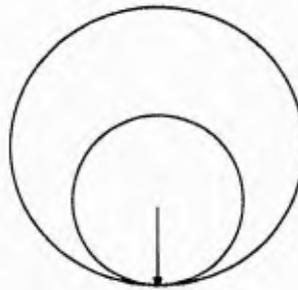
fig. 3.3.6 Vista frontal de la parte inferior de un cojinete recto

La importancia de que el cojinete cuente con una excelente lubricación radica en que, aunque la superficie interior del cojinete recto sea antrifricción, no existe ninguna superficie metálica totalmente lisa. Si un muñón gira dentro de un cojinete sin lubricación habrá una considerable fricción, generando calor en tales cantidades que reduce las cualidades de resistencia al desgaste de la superficie del cojinete hasta el punto que se inicie una rápida deterioración o falla completa del material. La inserción de un lubricante, en el espacio entre el eje y el cojinete, reduce la fricción debido a que crea una película que evita el contacto directo entre metales.

El lubricante que se utiliza debe de cumplir con ciertas propiedades, de modo que funcione correctamente. Debe de tener cohesión, ya que es la fuerza que sostiene unida la substancia, y adhesión, la cual es habilidad de una substancia de unirse a otro material. La fuerza adhesiva del aceite formará capas de moléculas que se prenden a las dos superficies metálicas y la poca fuerza cohesiva del lubricante permite a las moléculas de las capas intermedias resbalar una sobre la otra.

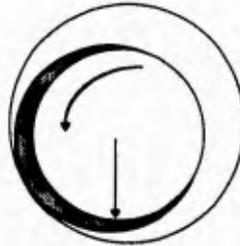
En las siguientes líneas se ilustra el principio básico de lubricación.

1) La figura muestra un eje en descanso sobre el cojinete en su parte inferior y hay contacto directo entre metales.



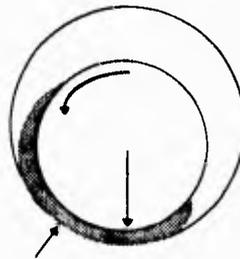
1.- MUÑÓN EN DESCANSO

2) En la siguiente figura se muestra cuando el eje empieza a girar. La alta fricción entre las superficies metálicas hará que el eje suba hacia la izquierda. En este momento habrá aceite en el punto de contacto más cercano y la fricción disminuirá conforme se forma la película.



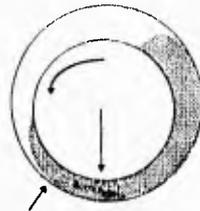
2.- EMPIEZA LA ROTACIÓN

3) La rotación del eje lleva más aceite hacia el lugar donde se requiere lubricación y la película que converge forma un área de presión en forma de cuña que levanta el eje y hace que éste flote.



3.-SE FORMA UN ÁREA DE PRESIÓN

4) La fuerza del área de presión y la carga del eje harán que éste se mueva hacia abajo, pasando el eje vertical, y hacia arriba en el lado opuesto hasta un punto en que la fuerza ascendente del área de presión iguale la descendente de la carga. De esta manera el muñón flota.



4.-EL MUÑÓN FLOTA

5) El eje permanecerá en esta posición, separado de la superficie del cojinete por una película de aceite que cambia constantemente, mientras la fuerza rotatoria sea suficiente para mantener su presión.

Cuando se arranca el motor, el cojinete se encuentra totalmente en contacto con el eje (muñón), por lo que otra característica de diseño es que la pared interior del cojinete debe de ser rectificada de modo que sea más gruesa en la parte superior y vaya adelgazándose hacia los extremos (ver figura). Así se logra una cavidad donde queda alojado el lubricante, llamada claro de lubricación; es decir, se debe de lograr una diferencia entre el diámetro interior del cojinete y el diámetro del eje o muñón, la cual es de suma importancia ya que afecta directamente la operación correcta del sistema de lubricación.

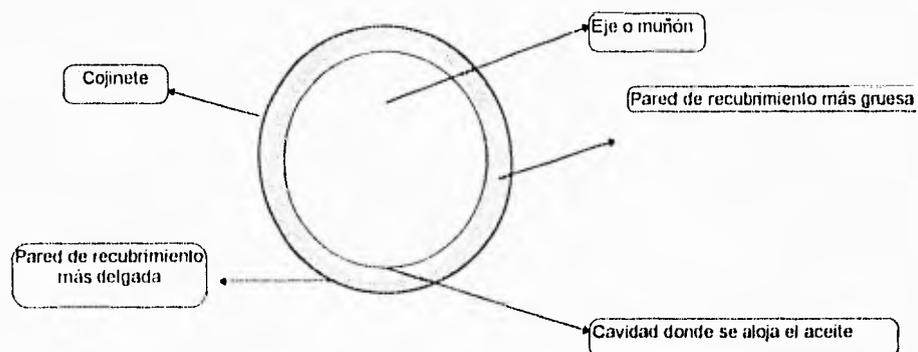


fig. 3.3.7 COJINETE CON CLARO DE LUBRICACIÓN

Una vez descritas las características de materiales y diseño del cojinete recto, en el siguiente capítulo se presentará el diagnóstico y metodología que se siguió para elaborar la propuesta para una mejor distribución de la planta productora de Clevite de México.

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA CLEMEX

4.1 Diagnóstico:

Como ya se ha comentado, el objetivo de una nueva distribución de una planta ya existente es buscar la reducción de costos, lo que puede implicar cambios en el método de trabajo, mejoras en el manejo de materiales, cambios en los procesos de producción y reacomodo de la maquinaria.

Para poder cumplir con lo anterior, se establecieron los criterios a seguir para las necesidades específicas de Clevite de México. Se llevó a cabo una plática con los encargados de la áreas de Producción, Ingeniería y con el Director de la planta definiéndose los siguientes:

- a) Flexibilidad en la producción
- b) Acceso a todos los puntos de servicio y mantenimiento
- c) Evitar la interferencia entre las máquinas
- d) Disminuir el movimiento de los materiales al máximo dentro de la línea de producción
- e) Crear un ambiente de orden dentro de la planta de modo que los trabajadores se encuentren motivados

En base a los criterios propios de CLEMEX y a los principios básicos de una buena distribución que se comentaron en el Capítulo 1, se prosiguió a elaborar el análisis en sí de las tres líneas para la fabricación de cojinete recto. La metodología utilizada para el caso específico de esta planta productora de cojinetes rectos fue la siguiente:

- 1.- Identificación de las operaciones realizadas en el proceso
- 2.- Estudio del proceso paso a paso
- 3.- Análisis de los planos de fabricación del producto
- 4.- Análisis de capacidad por máquina
- 5.- Flujo del material (diagrama)
- 6.- Demoras y tiempos muertos
- 7.- Identificación de los cuellos de botella dentro del proceso

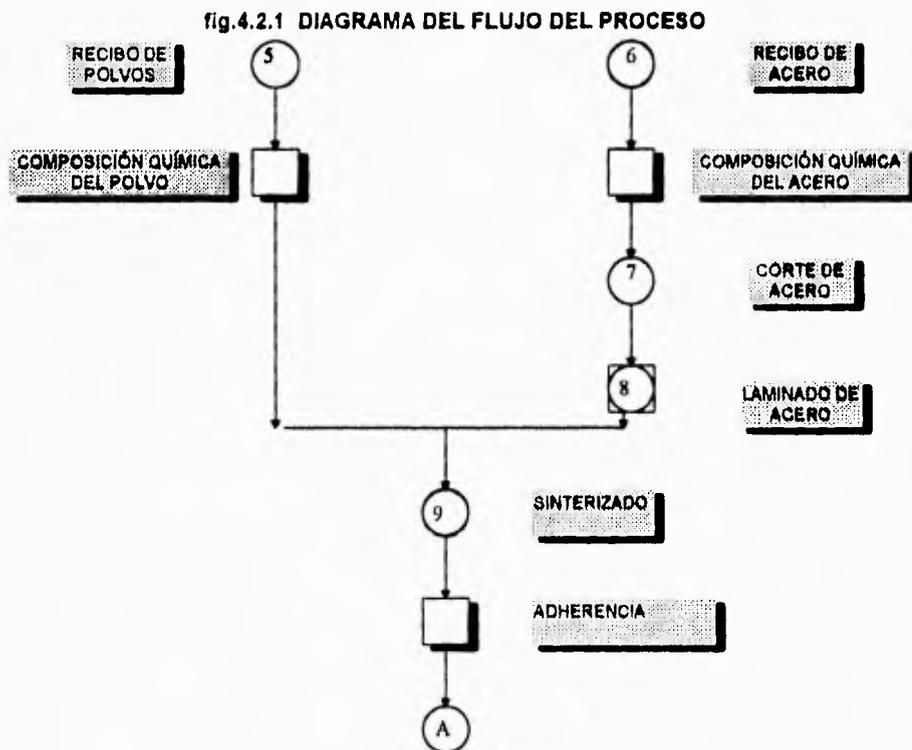
4.2 Identificación de las operaciones realizadas en el proceso

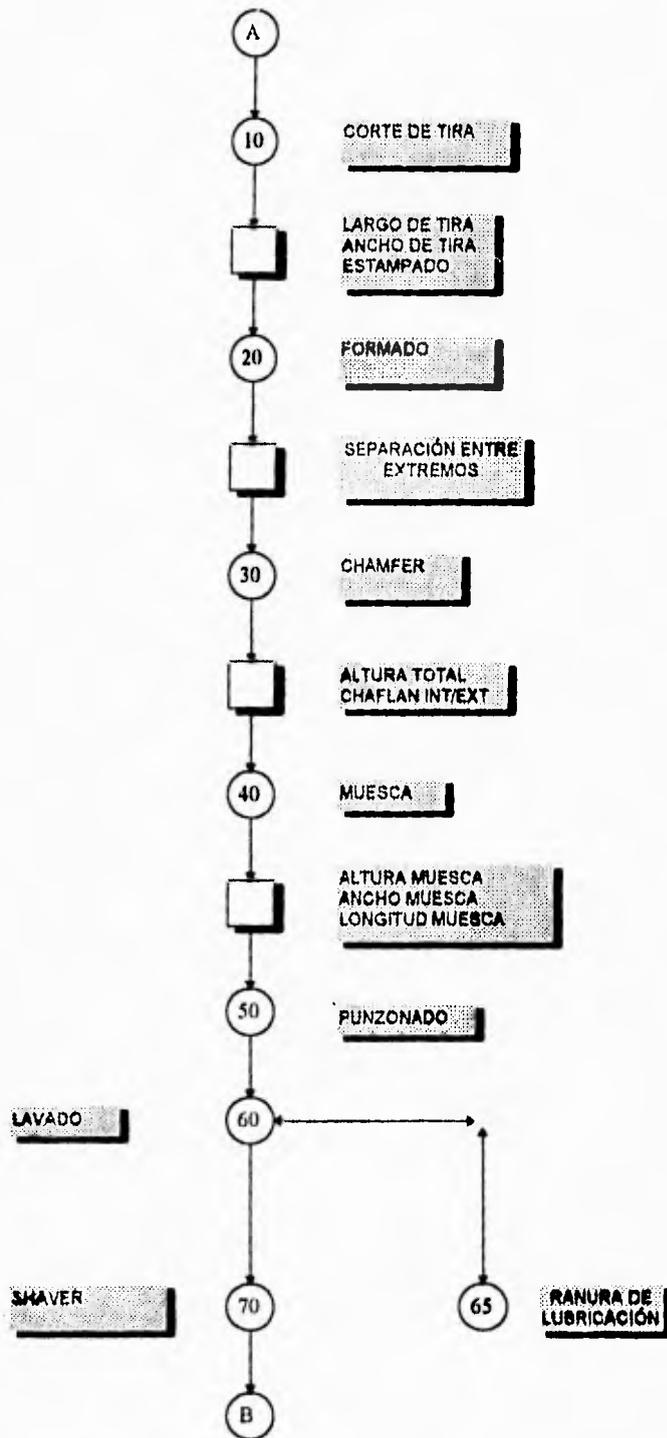
En la primera visita realizada a CLEMEX se efectuó un recorrido a través de las instalaciones con la finalidad de conocer de una manera general las operaciones necesarias para la elaboración de los cojinetes rectos.

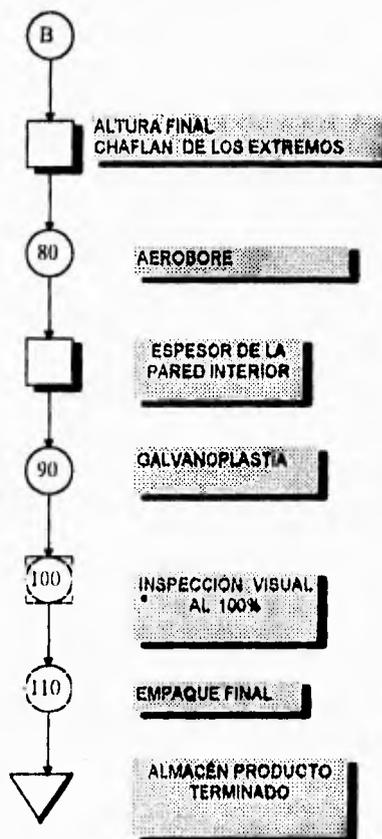
En este recorrido se pudieron identificar las operaciones por su nombre así como las distintas inspecciones que se efectúan a lo largo de todo el proceso para asegurar la calidad del producto.

La materia prima principal es la cinta de acero, que se utiliza como respaldo de los cojinetes, y los polvos de plomo y estaño, ya que el recubrimiento de la parte interna del cojinete es por sinterizado.

Para lograr una comprensión del proceso, a continuación se presenta el diagrama de flujo del mismo, en el cual están los nombres de las operaciones principales, los puntos de inspección y la secuencia de operaciones.







Una vez que se conocieron los nombres de las operaciones principales así como su secuencia dentro del proceso, se continuó con el estudio de cada una de ellas con la finalidad de entender su importancia dentro del proceso y el por qué de su existencia.

4.3 Estudio del proceso paso a paso.

El proceso de fabricación se inicia en el almacén de materia prima, en donde se recibe tanto el acero como los polvos (cobre y plomo). Después de una rutina de recibo efectuada por control de calidad y el departamento correspondiente, los materiales son liberados y puede iniciarse el proceso.

El elemento principal del proceso es el acero, el cual es distribuido por el proveedor en grandes rollos. Una vez que se verifica que cumple con las especificaciones del proceso, pasa al área de corte y es seccionado en tiras, cuyo ancho se aproxima a aquél que tendrá al final el cojinete. De acuerdo a un programa de fabricación, se corta el acero en los diferentes calibres según la pieza a elaborar.

En este momento las tiras de acero van a ser llamadas cintas de acero. Van a pasar por una laminadora para darles el espesor específico para cada número de parte y serán al final enrolladas. Posteriormente las cintas pasan al área de sinterizado, en donde se le aplica el polvo de la aleación antifricción.

El proceso de sinterizado es de suma importancia porque básicamente es la preparación de la materia prima. La cinta se coloca en un desenrollador y va a pasar a un cortador hidráulico para despuntar si se requiere. Posteriormente se lleva a cabo la operación de soldado con la cinta anterior de tal manera que el proceso sea continuo. Se cuenta con una torre de levantamiento para dar el tiempo suficiente para ser soldada. A continuación pasa por una tina de lavado en sosa caústica y luego a un enjuague con agua pura para asegurar una buena adherencia. Después pasa a una niveladora eléctrica de tal manera que obtenga una planicidad exacta.

La cinta continúa por su camino y va a pasar por debajo de una cortina y picadora de polvo para la aplicación del polvo cobre-plomo, el cual está contenido en una tolva. Una vez que se ha colocado el polvo sobre la superficie del acero, la cinta entra a un horno donde es recocida. El horno trabaja bajo una atmósfera reductora,

que se obtiene por medio de la inyección de gas inerte. Con lo anterior se asegura que haya una excelente adherencia acero-aleación durante la operación.

Una vez que se ha llevado a cabo el sinterizado en el horno, se pasa al área de chutes donde las muflas en su parte exterior llevan agua. Al salir, la cinta es rociada por un aspersor para acabarse de enfriar. Posteriormente pasa por unos rodillos que sirven como guías y continúa al pull roll donde se enrolla el material terminado. La cinta que sale es sometida a un recocido y, una vez que se lleva a cabo este último, se enrolla y corta para formar los rollos que sirven de materia prima para la fabricación de cojinetes rectos.

Antes de que los rollos de cinta sinterizada, ahora llamada cinta roja, continúen con el proceso, son sometidos a una prueba de adherencia donde el operador corta un pedazo de cinta y la golpea con un martillo. Dependiendo de la forma como se desprende el material, se compara con patrones visuales preestablecidos y se determina si la cinta cuenta con la adherencia necesaria para el proceso.

Una vez realizada la operación anterior, son transportadas con un montacargas a un almacén temporal de cintas.

A continuación se describe el proceso de fabricación del cojinete recto:

1) Corte.- Es la primera operación donde la cinta es cortada en tiras y estampada con el número de parte correspondiente.

La máquina cuenta con una guía que por inercia alimenta el material y una tolva para la rebaba. Una vez que la pieza sale cortada y estampada, se ordena en forma ascendente en un depósito automático a través de pistones neumáticos.

Posteriormente el operador toma las piezas del acumulador para darles un baño de percloro con un aspersor para eliminar grasa y rebabas. Luego las coloca en la prensa de formado.

2) Máquina de formado.- El mismo operador de la cortadora maneja esta máquina. Va a colocar las piezas en un depósito en forma descendente de donde unas uñas o alimentador las jala una por una. Mediante una matriz la prensa da la forma del cojinete por presión. A través de una tolva inclinada las piezas caen a un contenedor. Una vez que éste se llena, es retirado por el operador y trasladado a un almacén temporal.

3) Máquina Chamfer.- Las piezas son tomadas del almacén temporal y transportadas a este equipo, el cual realiza los chaflanes interiores y exteriores. El operador coloca manualmente las piezas en guías que caen por pistón neumático para su acomodo. Una vez que la máquina elabora los chaflanes las piezas caen a una tolva hacia un contenedor y esperan a ser transportadas a la siguiente operación. Cabe mencionar que se cuenta con otra máquina Chamfer cuya alimentación es automática. En esta última las piezas son colocadas en una olla y por medio de un rodillo magnético son elevadas e introducidas a la máquina por medio de pistones. Existe otra máquina con alimentación semiautomática que se realiza de la siguiente manera: las piezas son elevadas por el operario, colocadas en una olla que se encuentra en la parte superior y alimentándose por vibración.

4) Máquina de línea mecánica.- Aquí se realiza a la pieza una muesca y el barreno avellanado.

El operador eleva los contenedores y deposita las piezas en una olla vibradora alimentadora del material, semejante a una de las máquinas de Chamfer. Por medio de resortes se acomodan las piezas dentro de la alimentación de la máquina. Las piezas con muesca caen por gravedad a la siguiente operación a través de una guía de salida directa a un transportador para punzonado.

5) Máquina de punzonado.- Como su nombre lo indica, ésta sirve para realizar barrenos avellanados para la lubricación del cojinete. A través de un troquel se elabora el agujero. Con un microswitch y un pistón se regula el alimentador de

guía interior de trabajo. El microswitch hace contacto y al detectar una pieza se acciona el troquel. Una vez realizada la operación, las piezas caen por gravedad a un contenedor de plástico y esperan para ser transportadas a la zona de lavado.

6) Tina de lavado de Percloro.- Se trata de una operación de desengrasado. El material es traído y acumulado en el pasillo. El operador encargado de transportar las piezas de la salida de barreno y/o muesca, las vacía del contenedor de plástico a una canasta de metal, la cual puede ser sumergida en la tina donde se lleva a cabo el lavado. En esta operación se utiliza un polipasto y ganchos para poder mover la canasta.

La tina se encuentra dividida en dos partes. Una parte se encuentra hirviendo para que, el vapor que suelta, remueva las impurezas. En la segunda parte se sumerge la canasta en el líquido para eliminar las rebabas junto con el aceite que resultan de las operaciones anteriores. Posteriormente se eleva la canasta, dejan que se evapore el líquido en las piezas y la colocan a un lado.

Las piezas son regresadas a sus contenedores y se acomodan en un almacén temporal para terminar de secarse y esperar a que sean transportadas a la siguiente operación que puede ser la de Shaver o la de ranura de lubricación.

7) Máquina de ranura de lubricación.- En esta máquina solo se procesa el 12% de la producción total, ya que es una operación que puede o no requerir el cliente. El operador alimenta las piezas a través de una guía y por medio de gravedad van resbalando. A través de un cilindro con imán son tomadas por la máquina. Por medio de cuchillas se realiza la ranura. A continuación se separa el cilindro y deja caer las piezas en una tolva resbalándose al contenedor, donde esperan a ser llevadas a lavado y posteriormente a Shaver.

8) Máquina Shaver.- Realiza el corte del chaflán interior. El operador alimenta las piezas a través de una guía magazine neumático, acomodándolas previamente en su mesa de trabajo con la muesca hacia un solo lado. Un yugo jala las piezas, un

botador las empuja y se deslizan. Un pistón sale una vez por ciclo y empuja las piezas a un rebabeador para después salir a una banda transportadora donde se acomodan los cojinetes en forma de hileras. El operador las va retirando y colocando en la guía de alimentación de la operación de Aerobore.

9) Máquina Aerobore.- Realiza el rectificado interior del cojinete. Cuenta con una guía alimentadora donde el operador coloca de 10 a 15 piezas, las marca con un color que identifica la serie que se está fabricando y acciona el tablero de control. Las piezas caen a una banda transportadora y el operador las toma para acomodarlas en canastillas metálicas. Un trabajador carga la canastilla una vez llena y la transporta a un almacén temporal donde esperan para ser llevadas a Galvanoplastia.

10) Galvanoplastia.- Aquí se lleva a cabo la aplicación de una capa de aleación de plomo-estaño-cobre, que es insertada al cojinete por medio de un baño electrolítico. Esta instalación es capaz de aplicar la capa con gran precisión. También en el electrodepósito se coloca una barrera de níquel entre la aleación cobre-plomo y el plomo-estaño-cobre, con el fin de prevenir la migración del estaño de la capa base plomo hacia el electrodepósito. La operación se realiza por medio de diferentes baños a los cojinetes, los cuales son colocados por los operarios en fila en unos contenedores especiales, los cuales se cuelgan en una cadena sin fin la cual baja y sube a lo largo de las diferentes tinajas. Una vez que se realiza el último baño los cojinetes son retirados por los obreros de los contenedores y colocados en los de plástico, para ser llevados a la zona de inspección visual.

11) Inspección visual.- Los cojinetes son transportados de Galvanoplastia y colocados junto a las mesas de trabajo de las inspectoras. Posteriormente un trabajador sube los contenedores para que se efectúen las distintas pruebas. Una vez que son liberados, se llevan a empaque final y de ahí a almacén de producto terminado.

Ya que se conoció a fondo cada una de las operaciones, a continuación se hará una descripción detallada de cómo la máquina debe fabricar las piezas y de las tolerancias que se manejan.

4.4 Análisis de los planos de fabricación

Para una mayor comprensión de cómo se fabrican los cojinetes rectos dentro de la planta de Clevite de México, el Departamento de Ingeniería presentó una explicación detallada de cada plano de fabricación, de la forma para calcular las tolerancias de cada operación, así como las distintas especificaciones del proceso para las diferentes piezas que se elaboran.

La primera operación después de la obtención de la cinta roja es la de corte, la cual tiene como propósito identificar el producto mediante el estampado del número de parte y elaborar el corte de la longitud de la tira necesaria para cada cojinete (galleta). En esta operación se determina la longitud total de la tira de la cual se elaborará el cojinete con tolerancias del rango de $\pm .005$ ". Se verifica que la cinta cuente con el espesor que requiere, con la adherencia especificada para el proceso, así como con el ancho de tira. En caso de que la galleta no se corte con la longitud especificada, faltará material para la altura final del cojinete.

DESCRIPCIÓN: HACER EL CORTE DE GALLETA Y EL ESTAMPADO SEGÚN SE INDICA

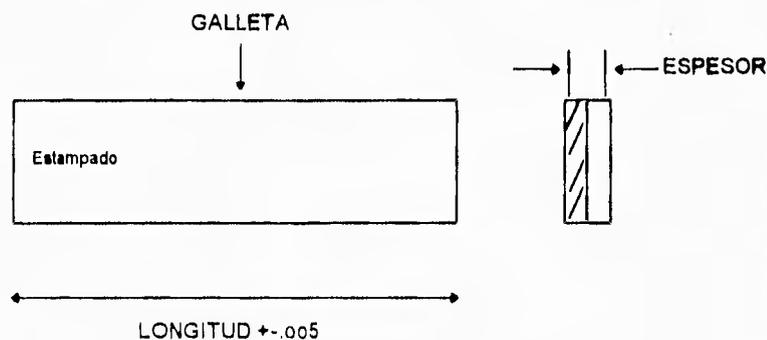


fig.4.4.1 CORTE GALLETA Y ESTAMPADO

La siguiente operación es la de formado, la cual tiene como finalidad dar la forma al cojinete. Determina el diámetro libre del cojinete con tolerancias de $\pm .005"$. En caso de falla, el cojinete no tendrá un ajuste adecuado a la hora de ser ensamblado, ya que el respaldo no estará en total contacto con la superficie de la biela. Esta operación establece también la altura de la línea de separación (P/L) con tolerancias de $+.030"$ ó $+.025"$.

DESCRIPCIÓN: HACER EL FORMADO DEL COJINETE DE ACUERDO A LA SIGUIENTE FIGURA

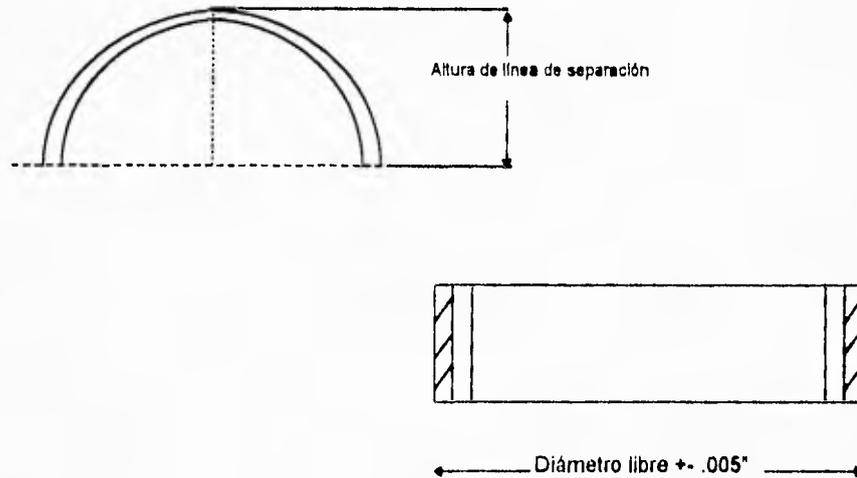
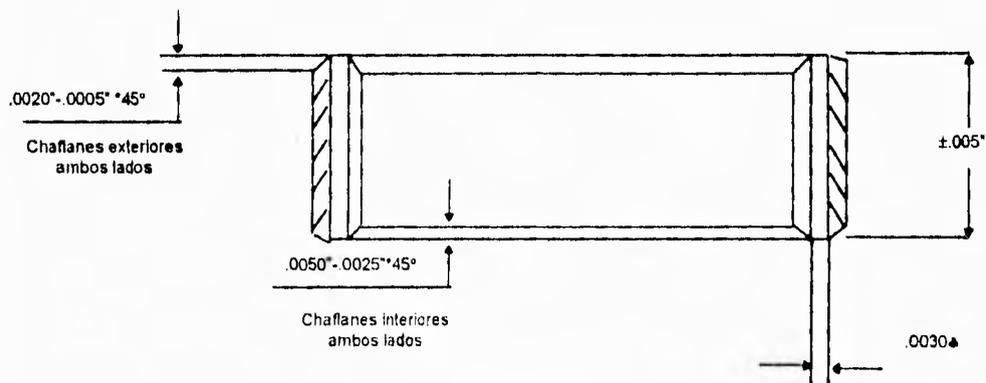


fig.4.4.2 FORMADO COJINETE

Después de darle forma al cojinete, la siguiente operación es la de Chamfer donde se elaboran los chaflanes interiores y exteriores con tolerancias de $.0020''$ - $.0005''$ y un ángulo de 45° del cojinete. Aquí se determina la altura total del cojinete con tolerancias de $\pm .003''$. Una falla en esta operación repercutirá en la correcta colocación de la muesca. Si los chaflanes no se procesan correctamente el cojinete no podrá ajustarse a los contenedores de Galvanoplastía.

DESCRIPCIÓN: HACER LOS CHAFLANES INTERIORES Y EXTERIORES SEGÚN SE MUESTRA A CONTINUACIÓN.



▲ Esta dimensión es importante para el proceso de galvanoplastía en el apoyo entre piezas.

fig:4.4.3 CHAFLANES EXTERIORES E INTERIORES

Posteriormente se realiza la operación de muesca que tiene como propósito elaborar la muesca o candado de localización. En este proceso es muy importante la altura de la muesca, la cual se hace con tolerancias de $\pm .0015"$. También se debe cuidar la saliente de la muesca y su longitud. En este punto del proceso, se debe verificar una vez más el correcto asentamiento del cojinete dentro de la biela. Como ya se comentó anteriormente, la muesca es de vital importancia ya que permite el correcto ensamble del cojinete.

DESCRIPCIÓN: HACER LA MUESCA DEL COJINETE COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN

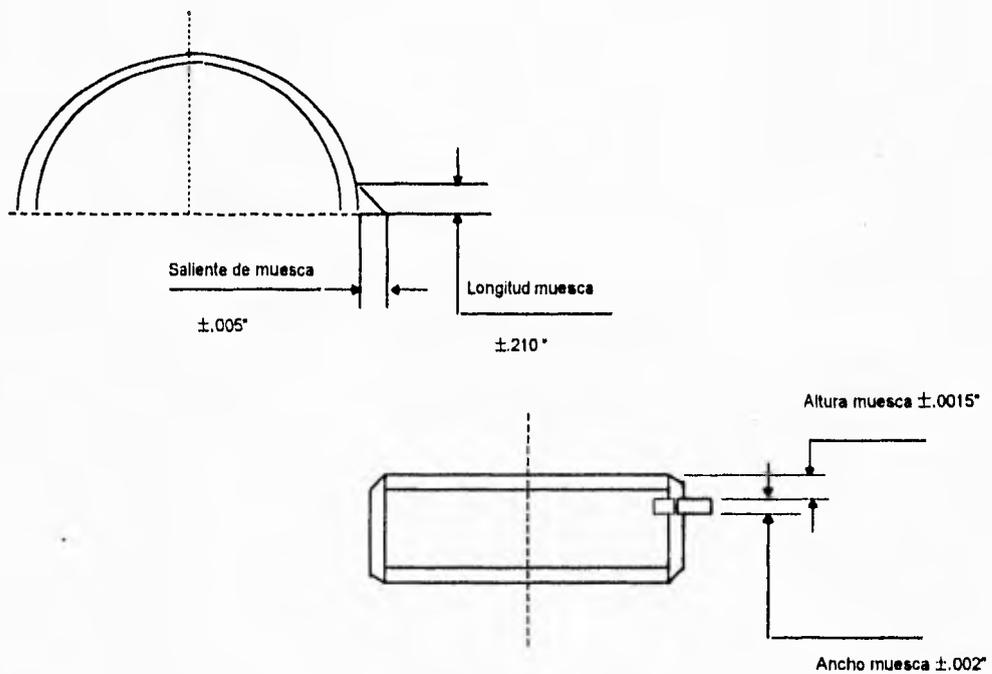


fig. 4.4.4 COLOCACIÓN MUESCA

A continuación se lleva a cabo la operación de pierce o barreno avellanado la cual tiene como objetivo realizar el barreno de lubricación. Las dimensiones importantes en esta operación son: el diámetro del barreno con tolerancias de $\pm .010''$, altura del barreno cuya tolerancia varía de $\pm .005''$ y el ángulo.

DESCRIPCIÓN: HACER BARRENO A COJINETE RECTO DE ACUERDO A LA SIGUIENTE FIGURA. EL BARRENO NO DEBE LLEVAR REBABAS TANTO EN EL DIÁMETRO INTERIOR COMO EXTERIOR.

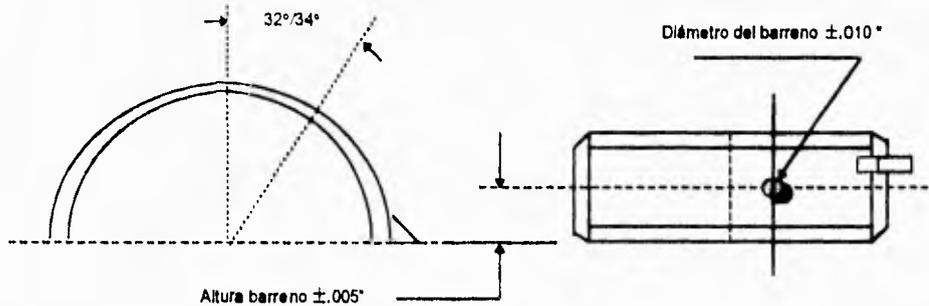


fig.4.4.5 COLOCACIÓN BARRENO

Para la parte que lo requiera se efectúa a continuación la ranura de lubricación, la cual tendrá que estar a la altura indicada con tolerancias de $\pm .010''$, con el ancho especificado y con el radio que se desee.

DESCRIPCIÓN: HACER RANURA DE LUBRICACIÓN A COJINETE RECTO DE ACUERDO A LA SIGUIENTE OPERACIÓN.

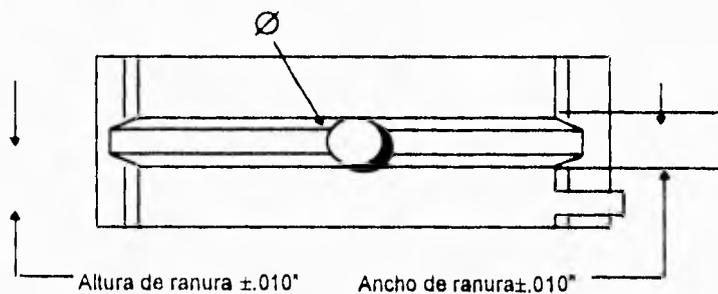


fig.4.4.6 VENA DE LUBRICACIÓN

Operación de Shaver o brochado. Tiene como propósito hacer el brochado de los bordes del cojinete. Esta operación establece la altura final del cojinete, además de la longitud final de la muesca. Una vez más el operador debe de verificar el diámetro libre.

DESCRIPCIÓN: HACER EL CORTE DE LAS CARAS SEGÚN SE INDICA A CONTINUACIÓN.

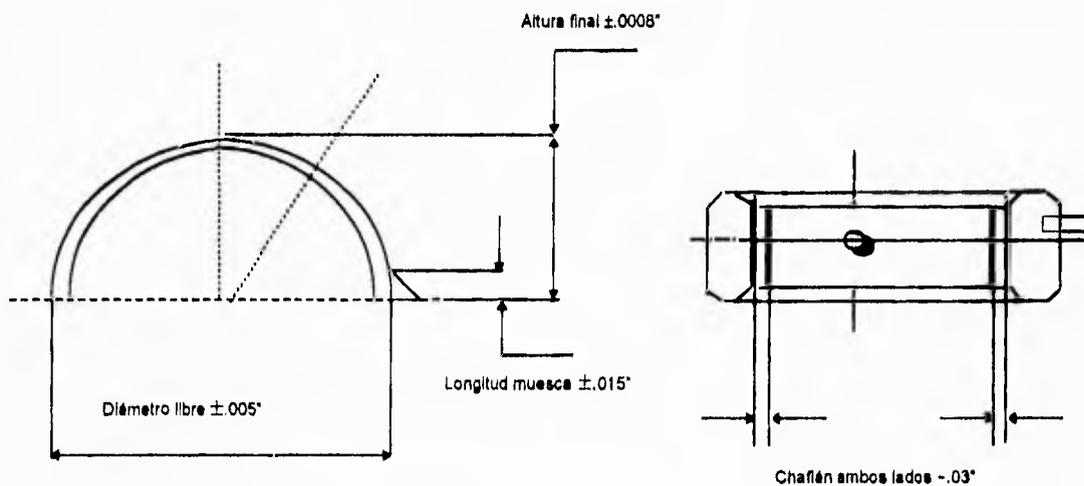


fig. 4.4.7 CORTE DE CARAS

La siguiente operación es la de Aerobore la cual tiene como finalidad rectificar el diámetro interior del cojinete. Define el espesor de la pared antes de pasar al recubrimiento electrolítico, por lo que es una operación importante. Las tolerancias que se manejan son de $+0.0003 -0.0000$ ". Aquí se realiza el claro de lubricación, la altura final y el diámetro libre, ya que al retirarse material el área del cojinete disminuye y la presión aumenta deformándose el mismo. El espesor varía de acuerdo al tipo de cojinete recto (estándar o de repuesto) que se está fabricando.

Otra característica que se verifica es la excentricidad ya que el espesor de pared, como se dijo en el Capítulo 3, va disminuyendo del centro del cojinete hacia las orillas; es decir, existe más material en el centro que en los extremos del cojinete recto.

DESCRIPCIÓN: RECTIFICAR EL DIÁMETRO INTERIOR DEL COJINETE COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN.

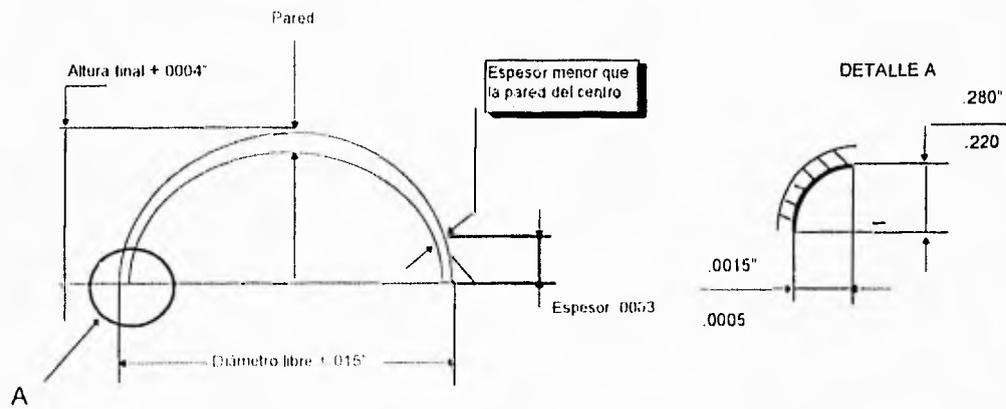


fig.4.4.8 CARAS INTERIORES RECTIFICADAS

4.5 Análisis de capacidad por máquina e identificación de los problemas dentro del proceso.

Ya que se conocieron las operaciones, tolerancias y especificaciones de cada uno de los pasos del proceso, se prosiguió con la elaboración de un inventario de la maquinaria con la que se cuenta en CLEMEX para la fabricación de los cojinetes rectos.

En la siguiente tabla se presenta el inventario:

NÚMERO DE MÁQUINAS	OPERACIÓN	MÁQUINA
3	Corte	Prensa
3	Formado	Prensa
4	Chamfer	Husillo de Chafletes
3	Muesca	Prensa de muesca
3	Punzonado	Prensa
1	Ranura de lubricación	Ranuradora
1	Lavado	Lavadora
6	Shaver	Rasuradora
6	Aerobore	Aerobore

TABLA DE INVENTARIO

Se realizaron varias visitas a la planta para poder identificar la capacidad de las máquinas. Cada máquina cuenta con una orden de trabajo donde a cada operador se le indica la cantidad de piezas que debe de fabricar por turno, por lo que en éstas se puede identificar la capacidad promedio del equipo. Por otro lado, mediante la observación se pudo ver que dependía del trabajador si se cumplía o no con la orden de trabajo, así como el tiempo en que se tardara en realizar los ajustes necesarios en caso de llevarse a cabo el cambio de número de parte a fabricar.

Como ya se mencionó se cuenta con tres líneas de producción, las cuales reciben el nombre de uno, dos y tres respectivamente; la diferencia entre ellas es el tipo de producto que elaboran. En la línea uno se fabrica principalmente el cojinete

recto estándar el cual se utiliza como parte del motor de automóviles nuevos, es decir, su cliente son las armadoras. En las líneas dos y tres se realizan los cojinetes de repuesto, los cuales son utilizados como su nombre lo dice para repuestos de automóviles; es decir, su cliente son los talleres. La capacidad aprovechada de las máquinas depende del tipo de cojinete que se está fabricando, ya sea estándar o de repuesto.

El tipo de sistema de producción que se maneja es el sistema de producción continua, aunque en ocasiones el volumen de producción de los cojinetes de repuesto no es muy alto. Las máquinas se encuentran distribuidas en las tres líneas de acuerdo a la secuencia de las operaciones. Este factor también es determinante para el número de piezas producidas por la maquinaria por turno. Como se comentó en el Capítulo 1, cuando la producción es continua en caso de que una máquina pare ya sea por cambio de herramientas, ajustes o descompostura, toda la producción se detiene.

Tomando en cuenta todo lo anterior se llegó a la siguiente tabla donde se presenta la capacidad promedio observada en cada una de las máquinas en el proceso de producción.

CLAVE DE LA OPERACIÓN	NOMBRE OPERACIÓN	MÁQUINA	CAPACIDAD DE LA MÁQUINA (PZAS/TURNO)
10	CORTE	PRENSA	20000-22000
20	FORMADO	PRENSA	20000-22000
30	CHAMFER	HUSILLO DE CHAFLANES	8000
40	MUESCA	PRENSA MUESCA	12000
50	BARRENO	PRENSA	12000
60	RANURA DE LUBRICACIÓN	RANURADORA	7000
70	LAVADO	LAVADORA	35000
80	SHAVER	RASURADORA	5500
90	AEROBORE	AEROBORE	5500

TABLA DE CAPACIDAD OBSERVADA EN LAS MÁQUINAS

Ya que se definió la capacidad promedio de las máquinas, se prosiguió con la elaboración de un diagrama de flujo de proceso donde se pueden identificar las demoras dentro del mismo y las distancias que recorre el material dentro de las líneas de producción.

LINEA 1

DESCRIPCIÓN ACCIÓN

DISTANCIA
m

○ ⇒ D ∇	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
○ ⇒ D ∇	Corte de la cinta	
○ ⇒ D ∇	Formado del cojinete	
○ ⇒ D ∇	Transporte almacén intermedio	8.30
○ ⇒ D ∇	Almacén intermedio	
○ ⇒ D ∇	Transporte a máquina de Chamfer	2.60
○ ⇒ D ∇	Fabricación de Chaflanes	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a muesca	2.60
○ ⇒ D ∇	Fabricación muesca	
○ ⇒ D ∇	Elaboración barreno	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a lavado	1.90
○ ⇒ D ∇	Lavado de las piezas	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a Shaver	1.50
○ ⇒ D ∇	Rasurado	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte aerobore	1.60
○ ⇒ D ∇	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 7 | 4 | 1	24.78

LINEA 2

DESCRIPCIÓN ACCIÓN

DISTANCIA
m

○ ⇒ D ∇	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
○ ⇒ D ∇	Corte de la cinta	
○ ⇒ D ∇	Formado del cojinete	
○ ⇒ D ∇	Transporte almacén intermedio	2.00
○ ⇒ D ∇	Almacén intermedio	
○ ⇒ D ∇	Transporte a máquina de Chamfer	3.90
○ ⇒ D ∇	Fabricación de Chaflandes	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a muesca	2.60
○ ⇒ D ∇	Fabricación muesca	
○ ⇒ D ∇	Elaboración barreno	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a lavado	20.56
○ ⇒ D ∇	Lavado de las piezas	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a Shaver	15.84
○ ⇒ D ∇	Rasurado	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte aerobore	1.60
○ ⇒ D ∇	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 7 | 4 | 1	52.78

LINEA 3

	DESCRIPCIÓN ACCIÓN	DISTANCIA m
○ ⇒ D ∇	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
○ ⇒ D ∇	Corte de la cinta	
○ ⇒ D ∇	Formado del cojinete	
○ ⇒ D ∇	Transporte almacén intermedio	2.00
○ ⇒ D ∇	Almacén intermedio	
○ ⇒ D ∇	Transporte a máquina de Chamfer	3.00
○ ⇒ D ∇	Fabricación de Chaflanes	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a muesca	2.20
○ ⇒ D ∇	Fabricación muesca	
○ ⇒ D ∇	Elaboración barreno	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a lavado	12.00
○ ⇒ D ∇	Lavado de las piezas	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte a Shaver	.13.00
○ ⇒ D ∇	Rasurado	
○ ⇒ D ∇	Demora	
○ ⇒ D ∇	Transporte aerobore	1.60
○ ⇒ D ∇	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 7 | 4 | 1	40.08

Una vez que se elaboraron los diagramas y se analizaron, por medio de la observación, las tres líneas, se pudieron identificar los siguientes problemas.

PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN LA LÍNEA UNO

1.- En la operación de formado se producen de 20000 a 22000 piezas por turno en promedio, mientras que la máquina que realiza la siguiente operación, llamada Chamfer, puede procesar como máximo 8000 piezas por turno.

Debido al desbalance de las operaciones se acumula una gran cantidad de material semiprocado (12000 piezas en el primer turno) lo que implica un costo de inventario.

2.- Si una máquina que se encuentra después de la operación de Chamfer se detiene para realizar ajustes, lo que es muy frecuente, toda la línea se para, ya que estas máquinas trabajan a un ritmo más o menos similar que la operación de chaflanes.

3.- Se puede concluir que Chamfer es una operación cuello de botella dentro del proceso.

4.- Cuando las piezas arriban a la operación de lavado (70), como sólo se cuenta con una máquina, llegan cojinetes de las tres líneas. Si se encuentran piezas dentro de la lavadora desengrasándose de las otras dos líneas, las recién llegadas deben de esperar. Por esta razón en este punto del proceso se presenta otra demora importante, ya que se acumulan piezas con alto valor agregado y tenerlas detenidas representa grandes costos. Además se crea desorden, lo cual afecta al ambiente de trabajo.

5.- No hay cruces en el proceso.

6.- La alimentación de las máquinas es manual.

PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN LAS LÍNEAS DOS Y TRES

- 1.- Se acumulan las piezas antes de la operación de Chamfer (20) por la misma causa que en la línea uno.
- 2.- Las máquinas de corte y formado no trabajan a su total capacidad porque el volumen de producción de estas dos líneas es menor.
- 3.- Por lo mismo que se manejan hasta seis diferentes tipos de cojinetes, las máquinas se deben ajustar continuamente, por lo que existen gran cantidad de demoras y paros en las líneas.
- 4.- Existen cruces de materiales entre las líneas dos y tres.
- 5.- Existen demoras en la operación de lavado por la misma causa de la línea uno.
- 6.- La alimentación del equipo es semiautomatizada.

En base a lo anterior y a las características propias del proceso y el producto de la planta de CLEMEX se pensó que una solución a los problemas anteriores era una *distribución por proceso*, es decir, agrupando la maquinaria de acuerdo a su función y con un sistema de producción por lotes.

4.6 Propuesta de distribución por proceso

Uno de los principales problemas de la producción en la planta son los continuos paros dentro de las líneas, ya sea por la preparación del equipo para una nueva corrida o por ajustes. Además se puede observar que en general no se manejan volúmenes muy grandes de producción.

Como se dijo en el Capítulo 1, la principal característica de una distribución por producto es que la producción sea en grandes volúmenes para que sea

costeable. Por otro lado una de sus desventajas es precisamente los paros, debido a que la producción se realiza de manera continua; por lo tanto se puede concluir que la planta productora de CLEMEX no cuenta con una distribución adecuada a sus necesidades.

Asimismo una distribución por proceso regularmente es menos vulnerable a las interrupciones; es decir, si una máquina se detiene, las demás pueden continuar trabajando. Además el sistema de producción es por lotes y el volumen de fabricación no es muy grande.

Se pensó que la distribución por proceso sería una buena opción para una nueva distribución.

Para poder aplicar este tipo de distribución primeramente se debe de establecer el tamaño de lote. El tamaño de éste es definido principalmente por la demanda del producto; por lo que, de acuerdo a las ventas de los distintos tipos de cojinetes rectos que se elaboran y haciendo un promedio, un tamaño de lote aceptable es de 35000 piezas por turno.

Analizando la capacidad de las máquinas, sabiendo que el cuello de botella es CHAMFER y que se cuentan con cuatro equipos para esta operación, se estableció el tamaño de lote final de 32000 piezas por turno de manera que el proceso se encuentre balanceado.

Tamaño de lote= capacidad máquina cuello de botella* número de máquinas

Tamaño de lote= 8000 pzas/turno * 4 = 32000 pzas/turno

Cabe mencionarse que estas máquinas no están aprovechadas al máximo, por lo que se pueden realizar mejoras y aumentar la capacidad del proceso. Por otro lado se propone el uso de dos máquinas de formado y dos de corte, ya que por su rendimiento son capaces de producir el tamaño de lote adecuado. A la tercera

máquina se le puede dar trabajo por fuera, es decir, elaborar piezas para otra empresa.

A continuación se muestra un esquema de esta propuesta:

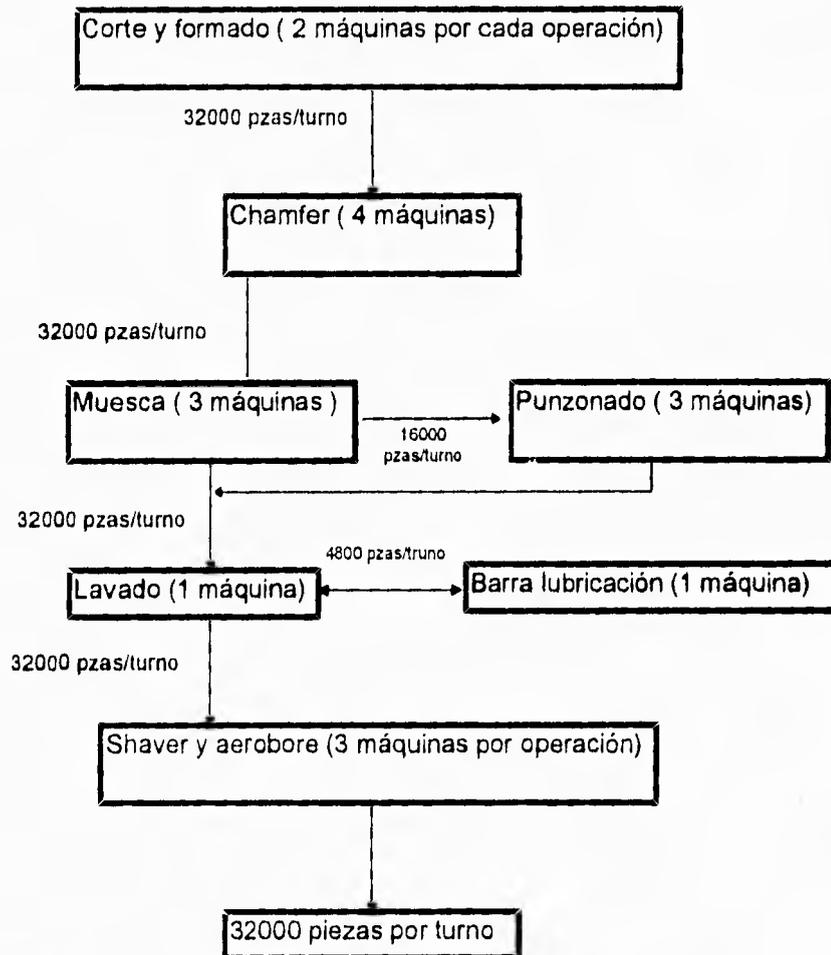


fig. 4.6.1 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN POR PROCESO

Con esta distribución lo que se busca es:

a) En primer lugar, eliminar el principal cuello de botella entre la operación de formado y Chamfer, ya que al solo usarse dos máquinas de formado y dos de corte el flujo es continuo y se eliminan las piezas en espera, reduciéndose los+ costos.

b) Al encontrarse las máquinas agrupadas, se cuenta con la ventaja de que si una se desajusta la producción no tiene por qué detenerse, ya que todas están elaborando el mismo lote.

c) Al ser por lotes la fabricación, cuando llegan las piezas a la operación de lavado entran directamente sin tener que esperar, ya que son iguales y se pueden mezclar eliminándose la segunda demora importante del proceso.

d) El tiempo de preparación se reduce ya que el herramental y accesorios de la maquinaria son comunes y se reduce el desperdicio.

Se pueden diseñar mejoras en cuanto a la alimentación y funcionamiento general de las máquinas de Chamfer, por lo que el lote puede aumentar en tamaño.

Con esta distribución se busca tratar de eliminar principalmente los costos provocados por las esperas dentro del proceso en las operaciones de Chamfer y lavado.

Una vez estructurada esta propuesta, se analizó si es posible su aplicación. Un primer impedimento que se encontró para que pudiera ser posible esta distribución es el hecho de que para la máquina de Chamfer se necesitan dos tipos de herramientas, que son distintas para cada número de parte que se produce. Hacerlas trabajar simultáneamente implica invertir en seis herramientas por corrida de lote y es una inversión que a Clevite de México no le interesa realizar.

Además, dentro de la planta productora de CLEMEX se manejan lotes de 5000 piezas en aquellos casos en que la demanda del mercado no es muy alta. Por esta razón no es conveniente aumentarlos a 32000 piezas, ya que esto significaría tenerlos almacenados como producto final durante tres meses lo que implica altos costos. Asimismo preparar las máquinas para un lote tan pequeño no es costeable

ni prorrateable entre los lotes grandes, ya que en general se manejan lotes pequeños.

Continuando con la idea de que la producción sea por lotes, viendo que no es posible una distribución por proceso y que se quieren eliminar los problemas en cuanto a los paros de las líneas por ajustes y preparación de las máquinas, se pensó en la posibilidad de aplicar el principio de Tecnología de Grupo para la distribución por celdas.

4.7 Propuesta de distribución por celdas de manufactura

Como se explicó en el Capítulo 2, para poder implantar este principio es necesario identificar si existen familias de partes. Por lo que se eligió la técnica de Flujo de Proceso para verificar si los ocho tipos de cojinetes rectos que se producen en CLEMEX son o no una familia.

El primer paso del flujo de proceso es identificar perfectamente la secuencia y operaciones del proceso, posteriormente la identificación de la maquinaria y por último la elaboración de la matriz máquina-componente.

Como ya se comentó se cuenta con las operaciones de: corte, formado, Chamfer, muesca, barrenado, ranura de lubricación, lavado, Shaver y Aerobore.

Todos los cojinetes posteriormente de Aerobore pasan a galvanoplastia, luego a una inspección visual al 100%, a empaque final y por último al almacén de producto terminado.

Ya que se identificaron las operaciones y máquinas que las realizan se procedió a la elaboración de la matriz máquina componente, para lo cual a cada máquina se le asignó un número como clave que se muestra a continuación:

NÚMERO CLAVE	MAQUINA
10	PRENSA
20	PRENSA
30	HUSILLO DE CHAFLANES
40	PRENSA MUESCA
50	PRENSA
60	RANURADORA
70	LAVADORA
80	RASURADORA
90	AEROBORE

TABLA DE CLAVES DE LA MAQUINARIA

Clemex fabrica cojinetes tipo estándar y los tipo repuesto. Dentro de los de repuesto se fabrican siete diferentes y son identificados dentro de la planta por colores. La siguiente matriz-componente se elaboró para comprobar si son o no una familia los ocho tipos de cojinetes que se procesan.

C O M P O N E N T E S	CLAVE DE MAQUINA								
	10	20	30	40	50	60	80	90	
<i>Estándar</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Naranja</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Negro</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Rosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Amarillo</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Café</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Azul</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Verde</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	

fig.4.7.1 MATRIZ MÁQUINA-COMPONENTE

Como se puede apreciar los ocho tipos de cojinetes rectos pasan por las mismas operaciones. Se puede concluir que si son una familia por tener la misma secuencia de proceso.

Posteriormente se analizaron las partes principales del cojinete, es decir, la superior (upper) y la inferior (lower) para ver si son familias de partes.

CLAVE DE MAQUINA

P A R T E		10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Superior	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Inferior	X	X	X	X		X	X	X	X

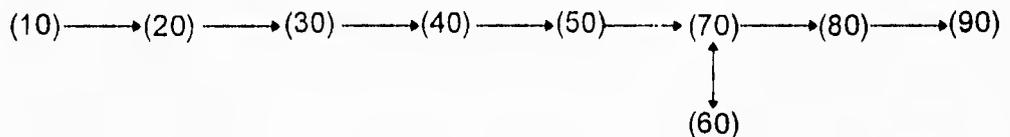
fig.4.7.2 MATRIZ MAQUINA-COMPONENTE

Se observa que solo una máquina no tiene la misma sucesión de operaciones; pero esto no implica que no se puedan crear familias de partes con aquellas que coinciden con la misma secuencia de proceso.

Por lo tanto se comprueba por medio del método de análisis de flujo de proceso que dentro de la planta se producen familias de partes y se puede concluir que *si es posible aplicar el concepto de tecnología de grupo* para llevar a cabo la propuesta de una nueva distribución de planta en celdas de manufactura.

En los siguientes párrafos se describen las distintas posibilidades para agrupar la maquinaria en celdas de acuerdo a su capacidad y el orden de precedencia de las operaciones dentro del proceso.

Para tener mejor identificado el orden de precedencia se elaboró el siguiente diagrama.



La prensa de corte y la de formado tienen una capacidad entre 20000-22000 piezas por turno y según el diagrama de precedencia la operación de corte (10) antecede necesariamente a la operación de formado (20), por lo que existe la posibilidad de que se unan en una misma celda llamada de corte y formado.

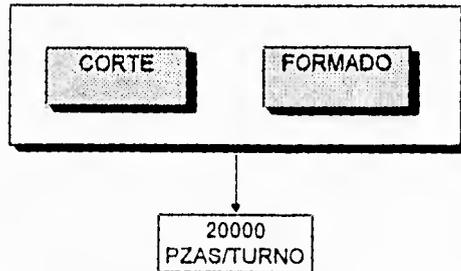


fig.4.7.3 CELDA DE CORTE Y FORMADO

La máquina ranuradora, en cuanto a capacidad (7000 pzas/turno), es semejante a la de husillo de chaflanes (8000 pzas/turno). En orden de precedencia la operación de ranura de lubricación (60) es anterior a la operación de chaflanes (30). La ranura de lubricación solo es para cierto número de partes, por lo que esta máquina solo procesa el 15% de toda la producción; mientras que todos los cojinetes llevan chaflanes, por lo tanto no es recomendable unirlos.

Para la fabricación de la muesca se cuenta con la prensa de muesca con una capacidad de 12000 piezas por turno y la prensa de barreno tiene la misma capacidad, por lo que es conveniente unirlos en una misma celda. Además cabe mencionarse que por la estructura de las prensas son muy fáciles de acoplar, ya que la salida de la prensa muesca coincide perfectamente con la entrada de la prensa punzón. Aunque, como se observa en la matriz máquina- componente, la operación de barreno es llevada a cabo solo para la parte inferior del cojinete (lower), resulta fácil desconectar su entrada de la salida de la muesca para evitar que todos los cojinetes pasen por esta operación.

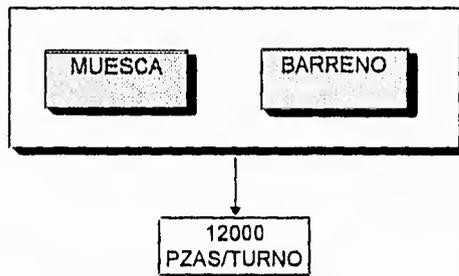


fig.4.7.4 CELDA DE MUESCA Y BARRENO

La máquina rasuradora tiene una capacidad semejante (5500 pzas /turno) a la máquina Aerobore y en cuanto al orden de precedencia no se es alterado si son unidas en una misma celda. Además, por lo que se observó, la salida de las piezas de la operación Shaver (70) se acopla con la entrada de Aerobore.

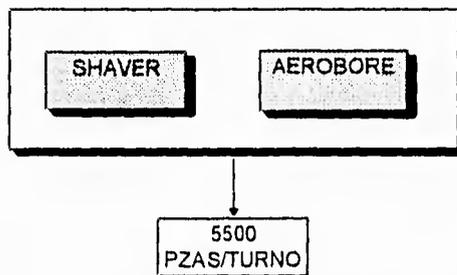


fig.4.7.5 CELDA SHAVER-AEROBORE

La celda de corte y formado tiene una capacidad relativamente semejante a la celda de muesca y barreno. Cabe mencionarse que estas últimas pueden aumentar con facilidad su producción; pero en este caso no se pueden agrupar las celdas debido al orden de precedencia, ya que la operación de muesca utiliza como referencia para la posición de la misma los chaflanes que se realizan en la operación de Chamfer. No se recomienda agruparlas.

La celda de Shaver y Aerobore no se puede ensamblar con la de muesca y barreno, ya que la capacidad de las celdas es muy distinta. Además, el orden de

precedencia se vería afectado. Para que Shaver pueda llevarse a cabo los cojinetes necesariamente tienen que pasar después de muesca y barreno al lavado, para que las rebabas junto con el aceite sean retirados, ya que éstas pueden provocar que no se cumplan con las tolerancias requeridas en el rasurado.

Agrupar la celda de corte y formado con la máquina de husillo de chaflanes no tiene caso por la gran diferencia de piezas producidas ya que, mientras la celda produce de 20000 a 22000 piezas por turno, en la operación de Chamfer (30) se producen 8000 piezas por turno. No se deben de unir ya que se provocaría un desbalance dentro de la celda de corte y formado.

Otra posibilidad es la de juntar la celda de muesca y barreno con la máquina que efectúa la operación de Chamfer, ya que aunque sus capacidades no son semejantes teniendo una diferencia de 4000 piezas por turno entre ellas, para que se realice la operación de muesca necesariamente se debe de llevar a cabo antes la operación de chamfer. Por lo tanto, esta última condiciona la velocidad de trabajo de la prensa de muesca. Al unirse estas máquinas se eliminan piezas acumuladas entre las operaciones.

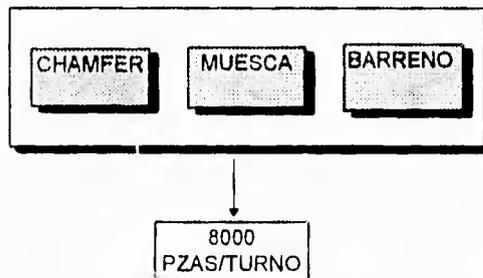


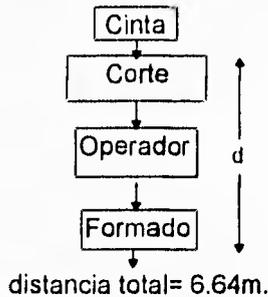
fig.4.7.6 CELDA DE CHAMFER-MUECA-BARRENO

Se concluye entonces que se pueden distribuir las máquinas en tres tipos principales de celdas:

- a) Corte -Formado
- b) Chamfer-Muesca-Barreno avellanado
- c) Shaver-Aerobore

Dentro de la celda de corte y formado se propone unir la salida de corte con la entrada de formado a través de algún dispositivo, por ejemplo una banda, de tal manera que se reduzca la distancia total recorrida por el material a través de estas dos operaciones.

Distribución por producto



Distribución por celda

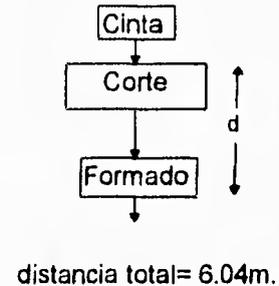


fig:4.7.7 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA CELDA DE CORTE-FORMADO

Con esta distribución por celdas se tiene una disminución de aproximadamente 60 cm. del recorrido total del material a través de estas dos operaciones y su manipulación es menor, ya que no es lo mismo que el operador sea el que transfiere las piezas de corte a formado teniendo que tomarlas de diez en diez, a que estas caigan directamente en una banda que las transporte. Por otro lado el operador, en lugar de dedicarse a alimentar a la máquina de formado, ahora puede vigilar las dos máquinas. De esta forma podrá realizar los ajustes necesarios, lo cual beneficiará a la disminución de desperdicio, ya que se fabricarán menos piezas defectuosas si el error se detecta oportunamente. Por lo tanto el operador dentro de la celda es capaz de tomar decisiones para corregir desajustes durante el proceso.

Para la celda de Chamfer-Muesca-Barreno avellanado se propone que el flujo del material sea en forma de **U** ya que, como se comentó con anterioridad, el disponer las máquinas de esta manera trae como consecuencia grandes beneficios,

debido a que se reducen las distancias dentro de la celda para los operadores y para el manejo de materiales.

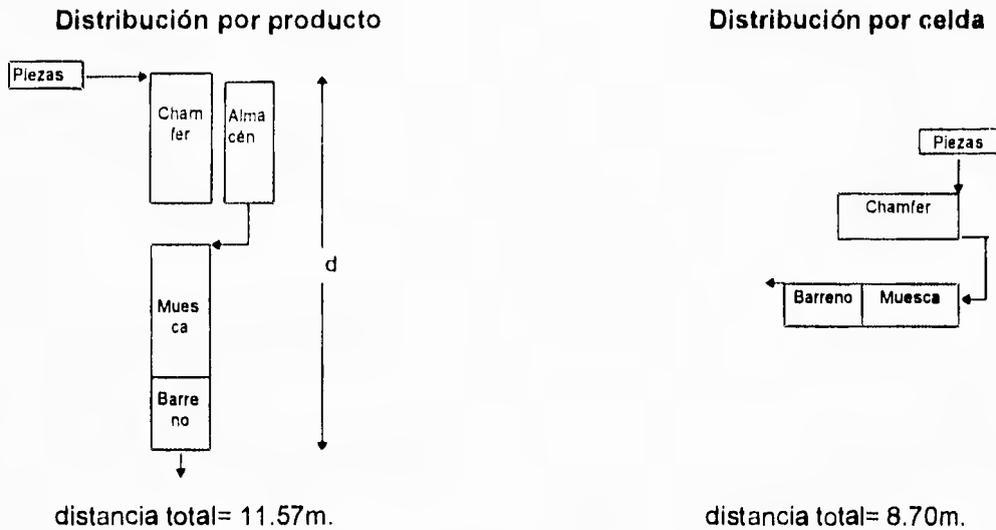


fig. 4.7.8 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA CELDA DECHAMFER-MUESCA-BARRENO

Como se puede observar existe una reducción considerable de la distancia por recorrer de las piezas a través de las tres operaciones. Además, por la disposición de las máquinas, es posible que en lugar de tener tres trabajadores por máquina uno solo sea capaz de controlarlas. Por otro lado, al tener el conocimiento de tres operaciones, el operador podrá realizar más fácilmente los ajustes necesarios en caso de que las piezas estén saliendo defectuosas. Por ejemplo, si el operador realiza la inspección de la altura de la muesca y nota que hay una variación considerable, puede ser que los chaflanes sean los que no están siendo fabricados correctamente, ya que éstos son tomados como referencia por la prensa de muesca para colocarla. Por lo tanto, se podrá ajustar el error desde Chamfer, lo que reduce los desperdicios y el tiempo de ajuste.

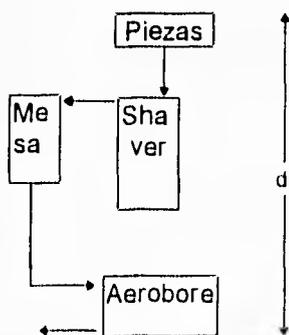
Otra ventaja es que se elimina el almacenamiento de piezas a lado de la máquina de Chamfer, ya que a través de una banda se puede unir la salida de la máquina de husillo de chaflanes con la entrada de la prensa de muesca, lo que

provoca una mejora en cuanto a la manipulación del material. En la actualidad cuando las piezas salen de Chamfer son almacenadas temporalmente en contenedores de plástico y posteriormente el operador de muesca tiene que ir por ellas y transportarlas hasta su máquina. Esto provoca que las piezas en determinado momento puedan sufrir algún accidente. Con esta distribución de la celda se evitan también desperdicios por piezas dañadas durante el transporte.

Al disponerse las máquinas en forma de **U** todos los puntos de mantenimiento se encuentran de manera tal que se puede llegar hasta ellos sin ningún problema. Además, el flujo del material es continuo entre las operaciones. En la actualidad al estar las máquinas dispuestas en línea, algunas de las zonas de mantenimiento son interferidas por las piezas que se acumulan a sus lados, ya que el flujo no es continuo o en ocasiones se llega a tener interferencia entre los trabajadores que realizan el mantenimiento y aquellos que se encuentran transportando las piezas dentro de los contenedores.

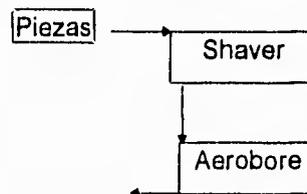
El tercer tipo de celda es la de Shaver y Aerobore, en la cual se propone girar la máquina de Shaver de su posición actual, de tal manera que la salida de las piezas coincida con la entrada de Aerobore y las máquinas se puedan acoplar.

Distribución por producto



distancia total= 9.34m.

Distribución por celda



distancia total= 4.84m.

fig. 4.79 DIAGRAMA DE RECORRIDO DE LA CELDA SHAVER-AEROBORE

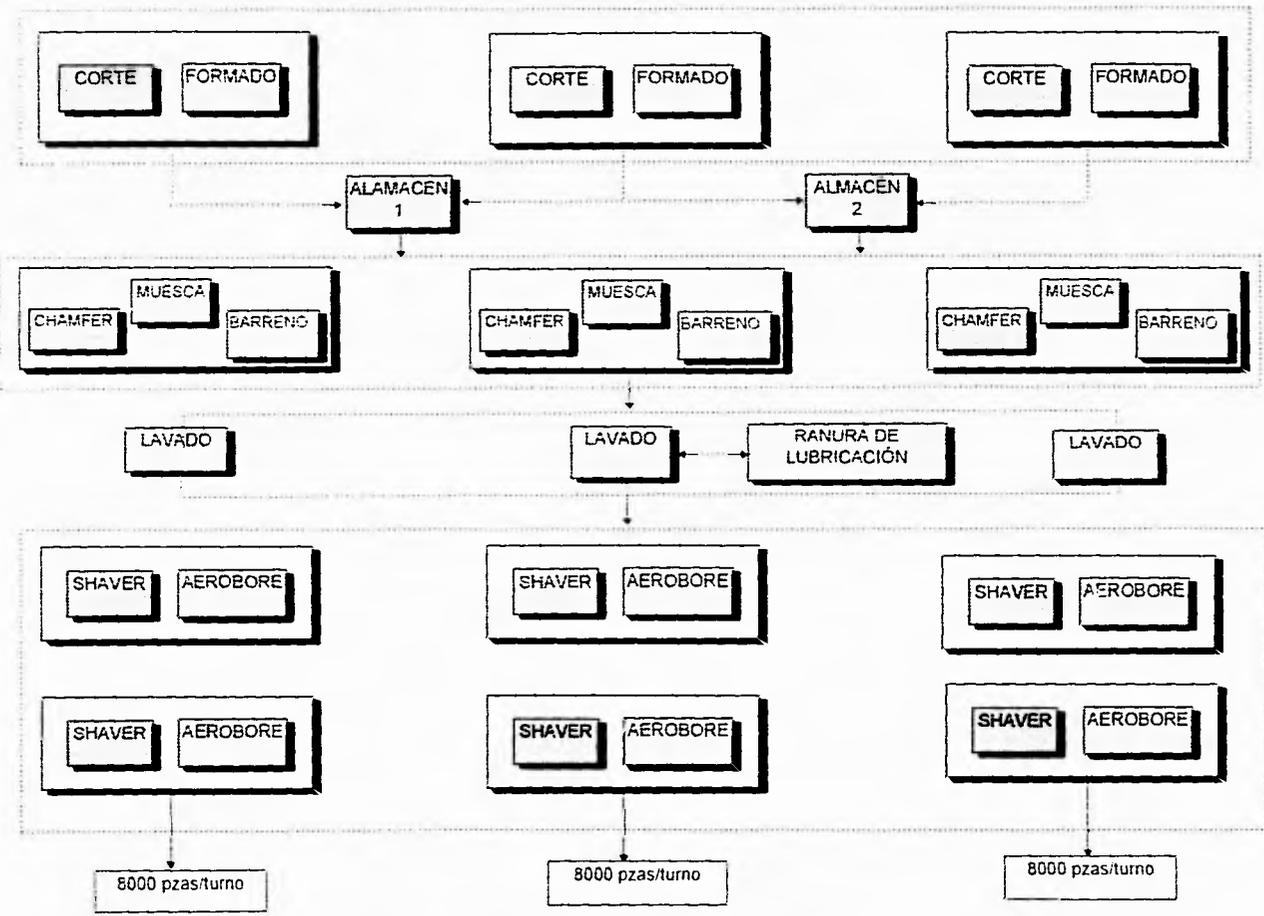
Al colocar de esta manera la máquina de Shaver, se eliminan 3m de recorrido entre las operaciones de las piezas, lo cual es de gran ventaja. Además la manipulación de la materia prima es menor y el proceso es más continuo. Por otro lado se elimina una pequeña mesa que se encuentra entre las dos operaciones donde el operador de Shaver va colocando las piezas para que esperen a ser transportadas por el operador de Aerobore a su máquina. Se puede ver que se evitan también desperdicios y en lugar de tener dos operadores uno solo puede manejar las dos máquinas, el cual podrá tomar decisiones en cuanto a los ajustes .

Cuando las piezas se acumulan a la salida de una máquina esperando a ser procesadas dan la impresión de un gran desorden, además que se fomenta el desperdicio; por lo que otra ventaja con el tipo de distribución por celdas de manufactura es que se eliminan almacenes intermedios entre las operaciones, ya que las máquinas dentro de una celda se deben acoplar unas con otras a través de bandas, de rodillos transportadores, etc. Se crea un ambiente de orden dentro de la planta.

Se puede decir, por lo tanto, que este tipo de distribución por celdas de manufactura cumple con las expectativas de CLEMEX , ya que se crea un ambiente de orden, satisface las necesidades para el mantenimiento y servicio a las máquinas teniendo fácil acceso a ellas, se disminuye el movimiento y manipulación de los cojinetes rectos a través de la planta y lo más importante es la gran flexibilidad de producción ya que todas las celdas son capaces de producir cualquier número de parte .

Cabe mencionar que con esta propuesta de distribución no existe ningún impedimento para la elaboración de los lotes de 5000 piezas, ya que el principio de la distribución por celdas de manufactura es precisamente una producción en base a lotes medianos y pequeños, razón por la cual se cumple con los requerimientos específicos de los clientes de Clevite de México.

A continuación se muestra un esquema de la propuesta de distribución por celdas de manufactura para CLEMEX.



PROPUESTA DE LA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Para el éxito de esta propuesta es necesaria la adquisición de nuevas lavadoras. Cabe mencionar que hay que tener cuidado en la selección de la capacidad de éstas, ya que la suma total del volumen de desecho de agua de las tres debe sumar el total del volumen que en la actualidad desecha la lavadora con la que se cuenta. Esto es por razones de normas ecológicas. Las tres nuevas lavadoras deben ser de menor capacidad ya que solo procesarán en promedio 1000 piezas por hora, mientras que la grande procesa 4000 piezas por hora aproximadamente.

El propósito de incluir las lavadoras es principalmente eliminar manipulación de las piezas y cruces dentro del proceso, además de crear un ambiente de orden ya que se evitaría que las piezas esperen en la operación de lavado.

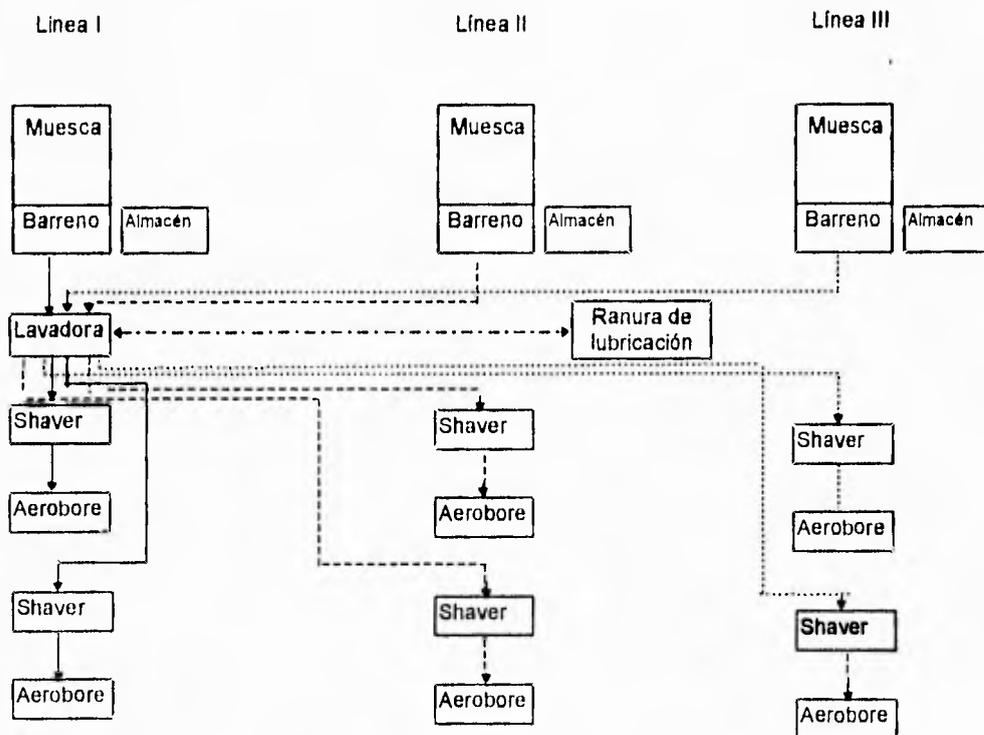


fig.4.7.10 DISTRIBUCIÓN CON UNA LAVADORA

Como se puede observar en la figura 4.7.10, las piezas recorren grandes distancias para ir a la operación de lavado. Debido a que llegan piezas de las tres líneas, se acumulan esperando a ser lavadas, creándose un ambiente de desorden. Además por tener que ser tan manipuladas existen riesgos de desperdicio. Por otro lado se presentan cruces dentro del proceso.

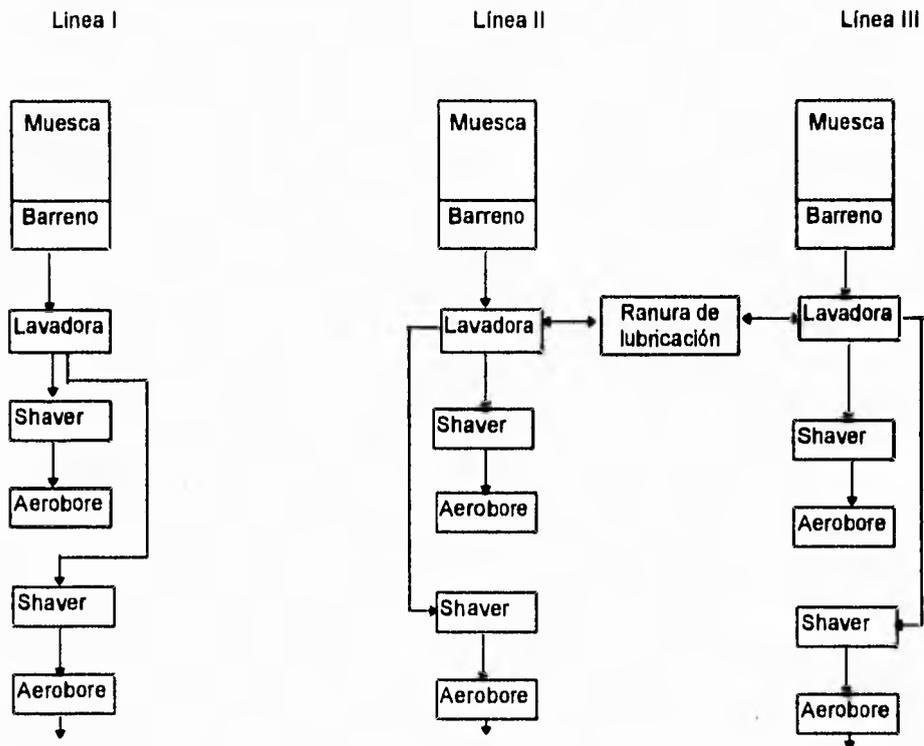


fig. 4.7.11 Distribución con tres lavadoras

Al utilizarse tres lavadoras, como se muestra en la figura 4.7.11, se evitan los problemas de manipulación innecesaria de material y se elimina la demora en la operación de lavado.

Los almacenes temporales intermedios son aceptados, ya que el ritmo de la celda de corte y formado es diferente al del resto de las celdas. Se sugiere que el programa de producción para ésta sea distinto al resto de las máquinas de la planta. Esto es necesario ya que si se intentara acoplarla al ritmo de producción de la celda de Chamfer-Muesca-Barreno, en caso de un retraso, se dejaría sin alimentación a Chamfer. Es muy difícil recuperar el tiempo que se pierda en esta última, ya que es la máquina mas lenta del proceso y sus tiempos muertos implican costos elevados. Por otro lado se provocaría que la celda de Corte-Formado se vuelva floja ya que tendría tiempo de más para producir. Cabe decirse que las piezas solo podrán permanecer como máximo un día en los almacenes intermedios, ya que de lo contrario el costo de tenerlas esperando por un lapso mayor no sería prorrateable.

A continuación se muestran los diagramas de flujo de proceso para la propuesta de distribución por celdas de manufactura, de modo que se puedan comparar con los originales, y apreciar las mejoras en cuanto a la disminución de la distancia total por transporte, así como la eliminación de las demoras.

LINEA 1

DESCRIPCIÓN ACCIÓN

DISTANCIA
m

	○ ⇒ D ▽	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
	○ ⇒ D ▽	Corte de la cinta	
	○ ⇒ D ▽	Formado del cojinete	
	○ ⇒ D ▽	Transporte almacén intermedio	2.00
	○ ⇒ D ▽	Almacén intermedio	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a máquina de Chamfer	2.00
	○ ⇒ D ▽	Fabricación de Chaflanes	
	○ ⇒ D ▽	Fabricación muesca	
	○ ⇒ D ▽	Elaboración barreno	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a lavado	2.00
	○ ⇒ D ▽	Lavado de las piezas	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a Shaver	1.50
	○ ⇒ D ▽	Rasurado	
	○ ⇒ D ▽	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 5 | 0 | 1		15.78
○ OPERACIÓN			
⇒ TRANSPORTE			
D DEMORA			
▽ ALMACÉN			

LINEA 2

DESCRIPCIÓN ACCIÓN

DISTANCIA
m

	○ ⇒ D ▽	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
	○ ⇒ D ▽	Corte de la cinta	
	○ ⇒ D ▽	Formado del cojinete	
	○ ⇒ D ▽	Transporte almacén intermedio	2.00
	○ ⇒ D ▽	Almacén intermedio	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a máquina de Chamfer	3.90
	○ ⇒ D ▽	Fabricación de Chaflanes	
	○ ⇒ D ▽	Fabricación muesca	
	○ ⇒ D ▽	Elaboración barreno	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a lavado	2.00
	○ ⇒ D ▽	Lavado de las piezas	
	○ ⇒ D ▽	Transporte a Shaver	1.50
	○ ⇒ D ▽	Rasurado	
	○ ⇒ D ▽	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 5 | 0 | 1		15.68
	○	OPERACIÓN	
	⇒	TRANSPORTE	
	D	DEMORA	
	▽	ALMACÉN	

LÍNEA 3

DESCRIPCIÓN ACCIÓN

**DISTANCIA
m**

○ ⇒ D ∇	Transporte de almacén de cintas a corte	6.28
○ ⇒ D ∇	Corte de la cinta	
○ ⇒ D ∇	Formado del cojinete	
○ ⇒ D ∇	Transporte almacén intermedio	2.00
○ ⇒ D ∇	Almacén intermedio	
○ ⇒ D ∇	Transporte a máquina de Chamfer	3.00
○ ⇒ D ∇	Fabricación de Chaflanes	
○ ⇒ D ∇	Fabricación muesca	
○ ⇒ D ∇	Elaboración barreno	
○ ⇒ D ∇	Transporte a lavado	2.00
○ ⇒ D ∇	Lavado de las piezas	
○ ⇒ D ∇	Transporte a Shaver	2.00
○ ⇒ D ∇	Rasurado	
○ ⇒ D ∇	Rectificación paredes interiores	
total=	8 | 5 | 0 | 1	15.28
○	OPERACIÓN	
⇒	TRANSPORTE	
D	DEMORA	
∇	ALMACÉN	

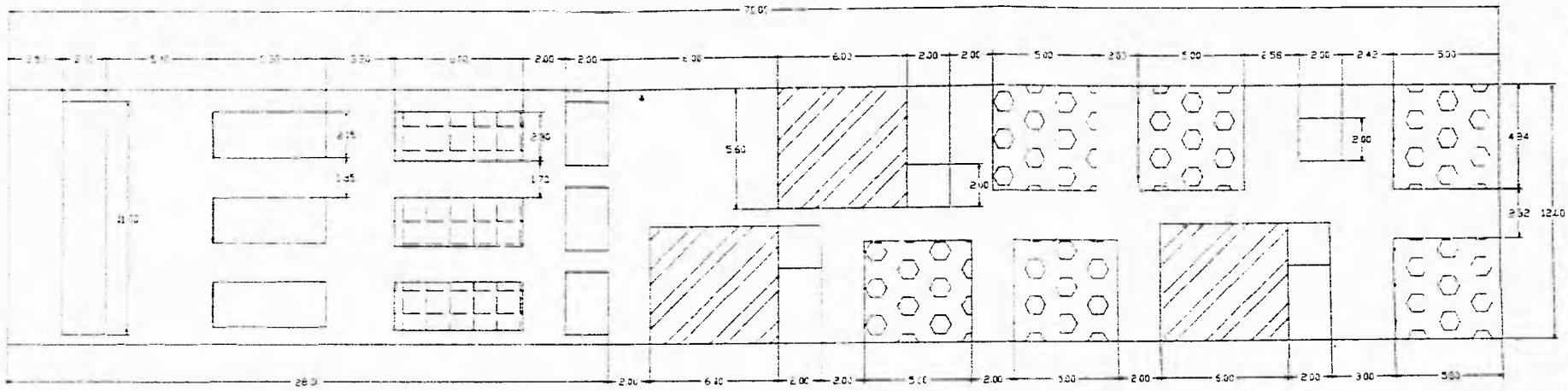
Con esta propuesta se logra una gran flexibilidad, se mejoran las condiciones de trabajo porque se crea un ambiente de orden, se reducen costos ya que la manipulación y las distancias de recorrido de los materiales dentro de la celda disminuyen notablemente, se eliminan almacenes intermedios como por ejemplo entre Chamfer y la máquina de muesca, el trabajador tiene un mayor conocimiento del producto dentro de las celdas por lo que puede tomar decisiones para corregir algún desajuste, se eliminan los paros por ajuste de maquinaria y preparación ya que cada tipo de celda prácticamente trabaja a ritmos independientes. Resulta menos costoso el manejo de pequeños volúmenes ya que los ocho tipos de cojinetes rectos podrán ser fabricados por cualquiera de los grupos de celdas, lo que provoca que el proceso sea continuo y flexible.

Viéndose la viabilidad de la aplicación de esta propuesta se concluyó que cumple con las características y requisitos de Clevite de México, ya que se pueden manejar lotes medianos y pequeños, existe flexibilidad y promueve un mayor involucramiento de los operarios en el proceso.

Una vez que se decidió que es factible la distribución por celdas para el tipo de producción de CLEVITE, se definió el área de las celdas de acuerdo al tamaño de las máquinas con las que se cuenta. Posteriormente se colocaron de acuerdo al espacio dentro de la planta. Se llegó a dos maneras de acomodarlas.

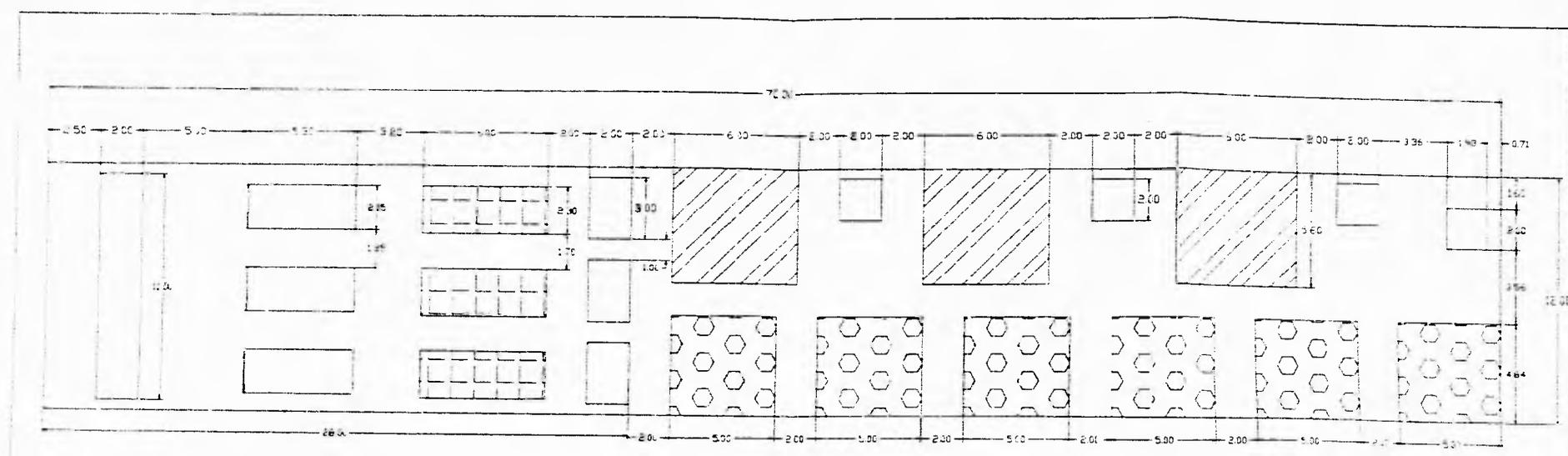
La primera distribución requiere de cambios mínimos en la posición actual de las máquinas, pero la salida de las celdas de Shaver-Aerobore a Galvanoplastia no es hacia el mismo lugar. Mientras que en la segunda las máquinas deben de moverse drásticamente, pero el flujo mejora de manera notable, ya que la salida de Shaver- Aerobore es hacia el mismo lugar.

A continuación se presentan los planos de dichas propuestas



-  CELDA DE CORTE-FORMADO
-  CELDA DE CORTE-MUESCA-BARRENO AVELLANADO
-  CELDA DE SHAVER-AEROBORE

CLAUDIA SUAREZ B.	SIN ESCALA
OPCION A	1 UNIDAD = 1 m
	OCT. DE 1995



-  CELDA DE CORTE-FORMADO
-  CELDA DE CORTE-MUESCA-BARRENO AVELLANADO
-  CELDA DE SHAVER-AEROBORE

CLAUDIA SUAREZ B. SIN ESCALA

OPCION B UNIDAD = 1 m OCT. DE 1995

El principal motivo no era el aumento drástico de la productividad, sino disminuir los costos dentro del proceso, las interrupciones en las líneas y el tiempo total del ciclo de producción. A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegaron después de la elaboración de este documento.

CONCLUSIONES

Como se comentó a lo largo de este trabajo, una adecuada distribución de planta para una empresa trae consigo, principalmente, la reducción de costos, ya que a través de ella se eliminan operaciones que no le dan valor agregado al producto, tales como transporte, demoras, almacenes intermedios, retrocesos dentro del proceso y desperdicios.

Una buena distribución de planta busca optimar el arreglo de las máquinas, operadores y materiales para maximizar el valor creado, ya que al reducirse los costos de operación dentro del proceso, se pueden obtener mayores utilidades. De esta manera, la empresa se vuelve más competitiva, puesto que logra obtener mayores rendimientos, los cuales podrá invertir ya sea en publicidad, en investigación para una mejor tecnología para su producto o en ofrecer un precio más bajo en el mercado.

La reducción en el costo unitario es justificada por el hecho de que el tiempo y costo del proceso de producción se minimizan, pues se reduce el manejo innecesario de los materiales y se incrementa en general la eficacia de todo el proceso. Por lo anterior, el producto final se elabora con un menor costo y a mayor velocidad, como consecuencia el dinero invertido regresa en menor tiempo.

Por último, una de las ventajas más significativas, es que cuando se emplea al máximo el espacio disponible, se contribuye a la disminución de desperdicios por accidentes en el transporte.

Para el caso específico de este trabajo, se concluyó que la distribución más adecuada a las características de la planta productora de CLEMEX, es la distribución del equipo en forma de celdas, las cuales contienen diferentes máquinas que procesan piezas similares (familias de partes), es decir, se diseñó una distribución de planta conforme a los principios de Tecnología de grupo.

Mediante esta distribución se reducen los tiempos y costos de preparación, ya que al realizar el plan de trabajo para una familia de partes, en realidad se está elaborando para varias piezas.

Por otro lado, al distribuirse la maquinaria de esta forma puede ser controlada y ajustada con mayor facilidad y eficiencia. Además que se simplifica grandemente la planeación del mantenimiento de las máquinas; así como la posibilidad de implantar un mantenimiento preventivo, el cual reducirá notablemente los costos de los procesos para el cuidado del equipo.

Se concluye entonces, que al realizarse la producción de esta manera, se ahorra el tiempo de preparación en las máquinas y se logra que el flujo del material sea constante y continuo.

Al mismo tiempo se pudo corroborar que al disponer la maquinaria en forma de celdas, se reducen tanto la distancia de los movimientos de la materia prima a través de la maquinaria, como los tiempos de espera entre las estaciones de trabajo. También permiten que los operadores atiendan y supervisen varias máquinas a la vez.

La unidad de la celda crea un ambiente que refuerza la motivación del trabajador o del equipo de trabajadores que realizan sus labores dentro de la misma. Se podría decir que al tener ellos un conocimiento más amplio sobre el proceso de la pieza, pueden tomar decisiones propias, cosa que no sucede, por ejemplo, en un proceso en línea, en donde sólo conocen la operación específica que realizan.

Al implementarse las celdas se evita la formación de almacenes temporales de material semielaborado, ya que es posible unir la alimentación de una de las máquinas con la salida de la anterior, de modo que se acoplen y trabajen al mismo ritmo, lográndose un mejor aprovechamiento del espacio del suelo. Por lo mismo, la manipulación de los materiales es menor, reduciéndose los costos de su manejo.

También se observó que el uso del sistema de flujo de proceso, para la creación de las familias dentro de la planta de CLEMEX, facilita grandemente el diseño conceptual de las celdas. Además de que cuando se requiere implementar una distribución por celdas de manufactura, la Tecnología de grupo es una herramienta de gran utilidad.

Esta propuesta, por lo tanto, cumple con los criterios establecidos al inicio del diagnóstico de la planta Clevite de México, así como con los principios de una buena distribución mencionados en el Capítulo 1. Con lo anterior se logró:

- a) Una mayor flexibilidad en la producción. Cada tipo de celda puede fabricar cualquier número de parte, y la preparación de la maquinaria se realiza en tiempos menores.
- b) Acceso a todos los puntos de servicio y mantenimiento. Esto es por la forma como se propone que se reacomode la maquinaria. Además que no se tienen problemas de interferencia con las piezas que esperan a ser procesadas.
- c) Menor manipulación de material. Las distancias recorridas por éste son menores. Se puede observar en los diagramas de proceso de la nueva distribución, que existe una disminución de distancias recorridas dentro de la maquinaria y en el transporte.
- d) Por ultimo, algo muy importante, es que se promueve mediante la formación de celdas el orden dentro de la planta. Al existir este ambiente, el recurso humano de una empresa se siente motivado, por lo cual se incrementa la producción.

Este trabajo fué de gran utilidad, ya que se pudo comprobar que la técnica de redistribución de planta es muy poderosa, pues involucra tanto el aspecto humano

para el aumento de la productividad de una empresa, como el aspecto económico, debido a que se reducen de una manera relativamente sencilla los costos de producción.

Por lo antes expuesto, se considera que esta propuesta cumple con el objetivo principal de Clevite de México. *"Ser una empresa mas competitiva dentro del mercado para lograr su permanencia a largo plazo dentro del mismo"*.

Bibliografía

- JOSEPH G. MONKS. **ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES**. EDITORIAL Mc.GRAW-HILL. 1991.
- JAMES M. MOORE. **PLANT LAYOUT AND DESIGN**. Mc MILLAN PUBLISHING 1962.
- TAICHI OHNO. **SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA**. PRODUCTIVITY PRESS.
- ROGER G. SCHROEDER. **ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES**. EDITORIAL Mc.GRAW HILL 1992.
- JAMES L. RIGGS. **SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**. EDITORIAL LIMUSA 1984.
- TERRY HILL. **PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGMENT**. SECOND EDITION. PRENTICE HALL PUBLISHING. 1991.
- ELWOOD S. BUFFA. **ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES**. LA DMINISTRACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS. EDITORIAL LIMUSA .1981.
- CORRONS PRIETO LUIS. **TÉCNICAS DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN**. EDITORIAL DEUSTO. BILBAO. 1979.
- HOPEMAN RICHARD J. **ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES**. EDITORIAL CECSA. MÉXICO.
- MICHEL PIERRE. **DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**. EDITORIAL DEUSTO. BILBAO. 1968.
- MURTHER RICHARD. **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**. EDITORIAL HISPANO EUROPEA. BARCELONA. 1970.

- SALVENDY GARRIEL. **HANDBOOK OF INDUSTRIAL ENGINEERING.** SEGUNDA EDICIÓN. EDITORIAL JOHN WILEY & SONS. NEW YORK.
- KUSIAK ANDREW. **MANUAL DEL INGENIERO INDUSTRIAL.** EDITORIAL JOHN WILEY & SONS. NEW YORK. 1992.
- HORGER, OSCAR JOHN. **HANDBOOK ASME.** EDITORIAL Mc.GRAW-HILL. NEW YORK 1965.
- MANUFACTURA, VOL.1 No. 3. **LA TECNOLOGÍA DE GRUPOS Y SUS APLICACIONES.** NOV/DIC. 1994.
- CLEVITE DE MÉXICO, S.A DE C.V. DOCUMENTACIÓN INTERNA.
- TESIS. **ANÁLISIS SOBRE EL MANEJO DE MATERIALES UTILIZANDO COMO HERRAMIENTA ADMINISTRATIVA LA AUDITORÍA OPERATIVA EN UNA INDUSTRIA DE PARTES AUTOMOTRICES EN LERMA, MÉXICO.** LETICIA HERNÁNDEZ GARCÍA, 1992.
- TESIS. **LA OPTIMIZACIÓN DE LAS EMPRESAS MEDIANTE LA ELIMINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR.** FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ RODRIGUEZ. 1994.