



# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

**PLANEACION DE PROCESOS: ANALISIS DE LAS  
PIEZAS, OPERACIONES Y SECUENCIAS, Y TIEMPO  
DE FABRICACION DEL CONTENEDOR DE UN  
TERMOSIFON BIFASICO ANULAR**

## **T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:**

**SALVADOR MONTESINOS GONZALEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M.C ALVARO JESUS MENDOZA JASSO**

**Huajuapán de León, Oaxaca, Julio del 2005**

---

---

## **A G R A D E C I M I E N T O S**

A Dios por darme la oportunidad de vivir, por darme salud y por permitirme realizar mis objetivos.

A mi papá, mamá y hermanos, por su apoyo incondicional, su amor, confianza y amistad que siempre me han demostrado, y he tenido a lo largo de mi vida.

A mis compañeros, por esos cinco años compartidos, gracias por su amistad, y lealtad, creo que a pesar de ser la primera generación, fuimos y seremos uno de los mejores grupos de la carrera.

A mi jefe de carrera, Dr. Daniel E. Santos Reyes, por todos los conocimientos transmitidos durante el transcurso de mi preparación, gracias por su dedicación, tiempo, y amistad conmigo y con mis compañeros.

A mi asesor, Alvaro Mendoza Jasso, por su tiempo brindado y por guiarme durante todo el proceso de desarrollo de éste trabajo, enseñándome y demostrándome su amistad y paciencia.

Y a todos aquellos amigos y amigas que de alguna manera me apoyaron, gracias por su comprensión, cariño y amistad que me proporcionan para llegar hasta aquí.

“ Se puede hacer muy poco  
con fe, pero no se puede  
hacer nada sin ella ”

*Samuel Butler*

## **INDICE GENERAL**

	<b>Página</b>
Agradecimientos	iii
Indice general	v
Indice de figuras	vii
Indice de tablas	viii
Resumen	ix

## **1. Introducción**

1.1 Contexto general	1
1.2 Problema de investigación	3
1.2.1 Objetivos	3
1.3 Justificación del proyecto	
1.3.1 Planeación de procesos	3
1.3.2 Planeación de procesos en PyMEs	4
1.3.3 Metodología de investigación	5
1.3.4 La relevancia del proyecto de tesis	6
1.4 Delimitación del proyecto	7

## **2. Marco teórico**

2.1 La Planeación de Procesos (PP)	8
2.2 Planeación de procesos Asistida por Computadora	19
2.2.1 Planeación manual de procesos	19
2.2.2 El Método CAPP	20
2.3 Determinación de tiempos estimados de fabricación	20
2.4 La Planeación de Procesos y las PyMEs	23

## **3. Técnica y Métodos**

3.1 Proceso de planeacion de procesos	23
3.2 Técnicas y métodos empleados para la PP del contenedor	25
<b>4. Planeación de procesos del contenedor de un termosifón bifásico anular</b>	
4.1 El plan de procesos	35
4.2 Resumen del plan de procesos del contenedor de un termosifón bifásico anular	41
<b>5. Conclusiones e Implicaciones</b>	51
<b>Glosario</b>	55
<b>Abreviaturas</b>	57
<b>Referencias y bibliografía</b>	58
<b>Apéndice A</b>	60
<b>Apéndice B</b>	63
<b>Apéndice C</b>	72

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Número de Figura</b>	<b>Título de Figura</b>	<b>Página</b>
1.1	Metodología	6
2.1	Proceso de planeación de procesos	11
2.2	Diagrama particular de la planeación de procesos	12
4.1	Piezas del contenedor	40
4.2	Tubos del contenedor	40
4.3	Secuencia de ensamble	40
4.4	Ensamble final	40
4.5	Gráfica de ensamble	44
4.6	Gráfica del proceso de operación	46

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Número de Tabla</b>	<b>Título de Tabla</b>	<b>Página</b>
4.1	Análisis de las piezas de trabajo	41
4.2	Lista de materiales	43
4.3	Hoja de ruta de la Tapa del Tubo Externo	47
4.4	Hoja de ruta del Tubo Externo	47
4.5	Hoja de ruta de la Tapa del Tubo Interno	48
4.6	Hoja de ruta del Tubo Interno	48
4.7	Hoja de ruta de la Tapa Superior	49
4.8	Hoja de ruta del Tubo Apéndice	50

## **R E S U M E N**

Se sabe muy bien que las micros, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) realizan planeaciones de procesos en forma empírica y no sistemática. Esto sin duda, se refleja en la competitividad y productividad de estas empresas, que muchas de ellas no cumplen con los requerimientos de sus clientes. También se sabe que la planeación de procesos es un factor determinante para reducir los costos y tiempo de producción. Además, es un proceso vital para cumplir con las especificaciones de diseño del nuevo producto, por lo que es importante para las MiPyMEs adoptar técnicas y métodos de la planeación de procesos en forma sistemática. Tradicionalmente, la planeación de procesos consiste en analizar las partes que se fabrican, seleccionar las operaciones y sus secuencias, selección de las máquinas-herramienta, así como los dispositivos de sujeción, herramientas y equipo de inspección, finalmente la determinación de las condiciones de corte.

En este proyecto de tesis se propone las operaciones necesarias, suficientes, y su secuencia para la manufactura y ensamble del contenedor de un termosifón bifásico anular, que es un componente principal de calentadores de agua de paso. Este producto es un diseño nuevo, para el cuál se necesita una planeación de procesos, principalmente con la idea de ser manufacturado por una micro, pequeña o mediana empresa; es decir, la propuesta desarrollada en este trabajo, está enfocada esencialmente para implementarse en pequeñas empresas. Se espera que este trabajo sea la base para la selección de máquinas y equipo necesario para la fabricación del termosifón, reduciendo los costos y tiempo de fabricación; y sobre todo satisfaciendo las especificaciones de diseño. De acuerdo a la experiencia ganada en este proyecto de tesis, se recomienda a las MiPyMEs la adopción de las técnicas y métodos de la planeación de procesos para mejorar su competitividad y productividad.

## **1.0 INTRODUCCION**

## **1.1 Contexto general**

Dentro del ámbito tecnológico, económico, ecológico, social y cultural, la ingeniería enfrenta grandes problemas por resolver, principalmente en países de economías emergentes como es el caso de México, que espera tener una economía sana y competente, en diversos aspectos de la industria nacional. En general, la competitividad de la industria mexicana es relativamente baja, como consecuencia directa de la productividad, ya que es muy pobre, y sobre todo de las micros, pequeñas y medianas empresas. La mayoría de los productos mexicanos no satisfacen las expectativas del mercado, además estos productos son de un costo elevado debido al tiempo muy largo de introducción al mercado. En un mundo globalizado, como lo es hoy en día, se deben proveer productos que satisfagan las necesidades y expectativas del mercado, contribuyendo en forma significativa en la competitividad de las empresas mexicanas. Las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) mexicanas enfrentan serios problemas de productividad, no satisfacen las necesidades de sus clientes y tampoco pueden competir con productos existentes en el mercado, están destinados a perder su posición en este y a enfrentar una situación económica desfavorable; por lo que hay una necesidad imperativa de vincular el diseño de productos y la producción, sobre todo la planeación de la producción y procesos con el propósito de mejorar la eficiencia y la competitividad de estas empresas. Es bien sabido que estas áreas son de vital importancia para mejorar la calidad, reducir el costo y tiempo de introducción al mercado de los productos (Apuntes 2000).

El diseño y la manufactura deben estar muy relacionados en toda PP, no deben ser vistos como disciplinas o actividades separadas. Cada pieza que compone un producto debe ser diseñada no sólo para que llene los requerimientos y las especificaciones de diseño, sino también para que pueda ser manufacturado económica y eficientemente. Este procedimiento mejora la productividad, aumenta las utilidades y permite que un fabricante se mantenga competitivo en el mercado (Scharer 2000).

A causa de la amplia variedad de materiales y procesos de manufactura disponibles

actualmente, la tarea de hacer un producto de alta calidad seleccionando los materiales y los procesos óptimos, y minimizar al mismo tiempo el número de operaciones y los costos, han llegado a ser uno de los desafíos y a la vez una oportunidad en toda empresa. El costo de manufactura determina el costo del producto y este costo a su vez regularmente determina el costo de venta de dicho producto y su aceptación por el cliente. Para vencer este reto no solo se requiere un conocimiento detallado de las características de los materiales y los procesos, sino también de métodos innovadores y creativos para diseñar y planear la producción del producto, además de emplear técnicas adecuadas para el ensamble y manufactura de sus partes, que puede ser de forma manual, semiautomática o automática, dependiendo de varios factores, tales como la calidad, la precisión, las especificaciones, el volumen de ventas, las tolerancias, entre otros (Kalpakjian 2002).

La actividad de manufactura, y de la planeación de procesos, comienza con los diseños de las piezas, bosquejos de partes y ensambles y luego avanza hasta la estación de trabajo, empleando técnicas como el diseño asistido por computadora, en donde se producen los diagramas de ensamble de operaciones y dibujos detallados de las diversas partes. Estos dibujos se entregan a los ingenieros de manufactura y ensamble, cuya función consiste en optimizar los procesos utilizados para fabricar el producto final. Debe considerarse la manufactura como un elemento clave, ya que es junto con otros factores, la base fundamental de cualquier diseño y desarrollo de nuevos productos.

Este trabajo de investigación se enfoca a la planeación de procesos, para la fabricación de un termosifón bifásico anular, que es un dispositivo de dos fases concéntrico; que consta de un espacio herméticamente cerrado el cual se llena con un fluido de trabajo, en el caso de un calentador de agua de paso. En él se lleva a cabo el proceso de evaporación del fluido, con la formación de dos fases (vapor y líquido), la convección libre, la condensación y la transferencia de masa entre las regiones de evaporación y condensación. Estos utilizan los caloductos que son un tipo de sistema de transporte de calor, pues tienen una alta efectividad y su principal ventaja, que presenta su uso sobre los métodos convencionales, es que se pueden transportar grandes cantidades de calor a

través de un área de sección transversal pequeña a una distancia considerable, sin la necesidad de suministrar calor adicional al sistema y en varios niveles de temperatura.

## **1.2 Problema de investigación**

Este proyecto de tesis resolvió el siguiente problema:

*“Análisis de las piezas, selección y planeación de las operaciones, sus secuencias, y tiempo de fabricación del contenedor de un termosifón bifásico anular”*

### **1.2.1 Objetivos**

- Desarrollar un plan de procesos adecuado para la manufactura del contenedor de un termosifón bifásico anular, recurriendo a herramientas adecuadas y utilizadas en la industria para planear y llevar a cabo la fabricación de un producto nuevo.
- Presentar tiempos estimados de fabricación de cada una de las operaciones de las piezas que componen el producto final, tomados durante la fabricación de un prototipo del contenedor, con la finalidad de conocer cuánto tiempo tomará fabricar y ensamblar el producto.

## **1.3 Justificación del proyecto**

### **1.3.1 Planeación de Procesos**

Los productos y sus componentes se diseñan para realizar funciones, y las especificaciones de diseño indican las funciones específicas que deben realizar los productos y sus componentes. En manufactura, por otro lado, el trabajo es producir componentes que cumplen estas especificaciones; estos componentes luego se ensamblan para formar el nuevo producto. Para lograr y asegurar estas especificaciones se requiere una planeación muy rigurosa de las actividades de producción. A este proceso de planeación se le conoce como planeación de procesos (PP). La PP es un puente entre diseño y producción o manufactura, traduciendo las especificaciones de diseño en detalles de procesos de manufactura. En otras palabras, la PP es un grupo de

instrucciones que se usan para fabricar una componente o parte de tal manera que se cumplan las especificaciones de diseño (Singh 1996).

La importancia de la PP, es que permite esencialmente determinar un conjunto de operaciones y rutas de las operaciones de fabricación a fin de minimizar el costo de producción; es entonces una determinante del costo de producción y de las ganancias.

La PP, se puede considerar como un arte y una ciencia a la vez, que es un proceso sistemático para satisfacer los requerimientos de diseño, logrando una mejor productividad a nivel empresa; sin embargo la planeación de procesos requiere de mucho tiempo para su ejecución cuando se realiza en forma manual, siendo la experiencia y destreza de los planeadores lo más importante. Desafortunadamente, la experiencia no se puede adquirir en poco tiempo, y puede requerir de muchos años de dedicación, por lo que se ha aprovechado el desarrollo de la computadora asistida a la planeación de procesos, logrando con esto reducir el tiempo de planeación, y sobre todo el requerimiento de muchos años de experiencia y conocimientos muy especializados.

### **1.3.2 Planeación de Procesos en PyMEs**

En general, la práctica sistemática de la planeación de los procesos es muy pobre en las PyMES, principalmente porque se tiene muy poco conocimiento acerca de la importancia de la PP y de sus técnicas y métodos, o se argumenta que no se tiene especialistas para llevarla a cabo, trayendo como consecuencia que no se cumplan las especificaciones de diseño. Normalmente, la planeación de procesos en las PyMEs se realiza en forma empírica, basándose primordialmente en la experiencia de los ingenieros de procesos. Este tipo de prácticas presentan muchas deficiencias, tales como la selección y definición inadecuada de operaciones, no hay documentación necesaria de los procesos, y no se conoce exactamente cuánto tiempo se lleva para producir un producto, desde la llegada de la materia prima hasta su transformación a producto terminado, y por lo tanto disminuye su productividad como empresa, debido a retrabajos y errores en los procesos de fabricación, problemas de colas e inventarios, entre otros (Singh 1996).

La planeación sistemática de procesos es una buena práctica de grandes compañías; sin

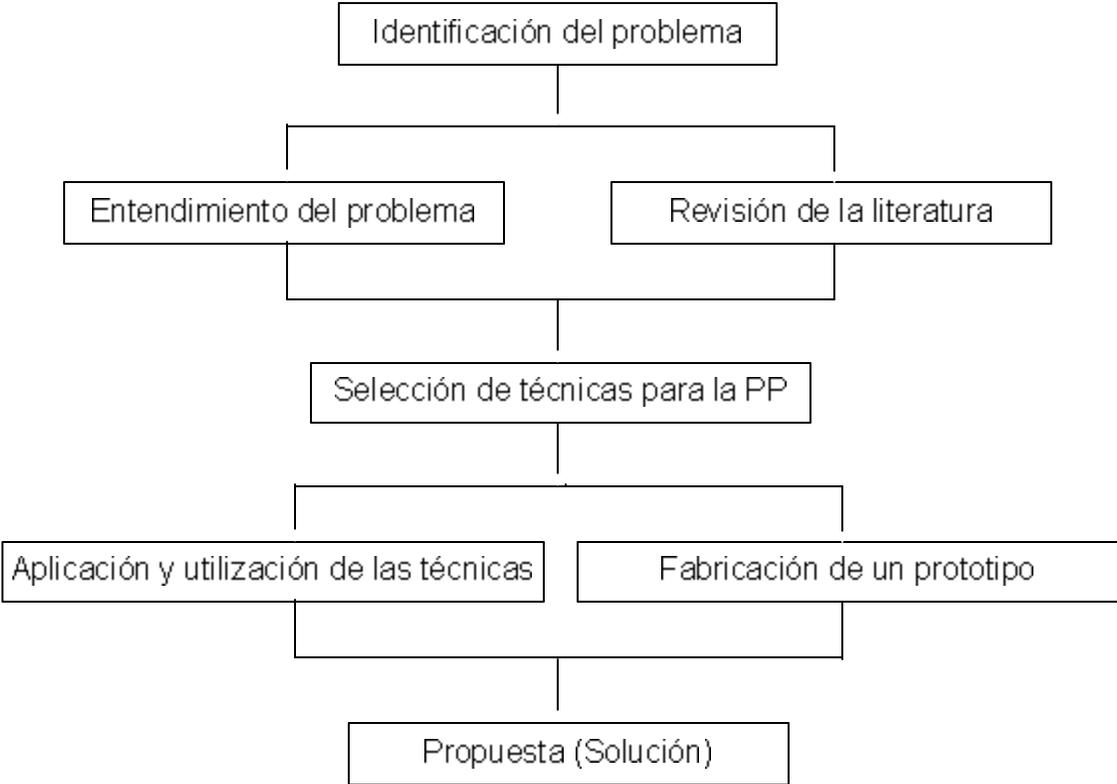
embargo, las PyMEs también requieren satisfacer las necesidades de su mercado, por lo que es necesario adoptar y adaptar buenas prácticas de planeación de procesos. Es por esto, que en este trabajo de investigación se presenta una planeación de procesos para la fabricación del contenedor de un termosifón bifásico anular, componente importante de un sistema de calentamiento de agua. Este plan de procesos propone las operaciones, secuencias y tiempos estimados para la fabricación de este producto, según la demanda estimada para dicho producto (Apéndice B).

Por ser un diseño y tecnología innovadora, no existe información detallada sobre aspectos, como su fabricación, comercialización, o utilización; por eso, surge la necesidad de proponer las operaciones, secuencias y tiempos de fabricación de éste producto, permitiendo la implementación de ésta tecnología en equipos de uso cotidiano como son los calentadores de agua de paso, a bajo costo y con la calidad requerida.

### **1.3.3 Metodología de Investigación**

La metodología, que se usa regularmente en un proceso de ingeniería (Krick 2001), que fue utilizado para el desarrollo de éste proyecto de tesis consiste esencialmente de un proceso de abstracción, análisis, modelado y evaluación (Figura 1.1). El objetivo de la etapa de abstracción es entender y definir el problema; mientras que en la etapa de análisis es estudiar la literatura existente acerca de la filosofía, técnicas y métodos de planeación de procesos, seleccionando las herramientas adecuadas para el desarrollo de la propuesta de solución del problema identificado y definido en la etapa de abstracción. Aclarando que en este análisis se encontró que existen técnicas estándar, bien establecidas y de eficacia comprobada, utilizadas regularmente en empresas grandes. En la etapa de modelado, se aplicaron las técnicas y métodos seleccionados, además basándose en la experiencia obtenida durante la construcción del prototipo del sistema, para elaborar el plan de procesos de fabricación del contenedor del termosifón. Finalmente, en la etapa de evaluación se busca verificar el modelo del plan desarrollado en la fase de modelado. Por cuestiones prácticas y delimitaciones de este proyecto de tesis esta actividad no se realizó, enfatizando que ésta etapa se completará cuando el plan propuesto se ejecute; es decir, cuando inicie la fabricación piloto del producto.

**Figura 1.1:** Metodología



También se demuestra que muchas técnicas y métodos de PP, que usualmente son empleados por grandes compañías, pueden usarse, con pequeñas adaptaciones, para planear los procesos en las PyMEs. En el caso de estudio de este proyecto de tesis, se han

determinado las operaciones y sus secuencias, y el tiempo de fabricación que se utilizarían para manufacturar el producto, que constituye la base para la evaluación económica del proyecto de diseño y desarrollo de este nuevo producto.

#### **1.4 Delimitaciones del Proyecto**

Este trabajo de tesis se enfocará a los siguientes aspectos de la planeación de procesos:

1. *Análisis de las piezas de trabajo;*
2. *Determinación de las operaciones de manufactura y su secuencia*
3. *Determinación del tiempo estimado de fabricación;*

El énfasis principal de este proyecto ha sido el análisis de las piezas de trabajo, la selección de las operaciones y su secuencia de ensamble para fabricar el producto, considerando las especificaciones de las piezas a fabricar, tales como:

- I. Especificaciones de forma de la materia prima a utilizar.
- II. Características del material (materia prima).
- III. Especificaciones de forma, tamaño y peso de las piezas a manufacturar.
- IV. Especificaciones de dimensiones y tolerancias

El proyecto se concentró en la determinación de las operaciones apropiadas para transformar y obtener las características distintivas, dimensiones y tolerancias de las piezas requeridas, de acuerdo con las especificaciones de diseño. Al término de la selección de las operaciones, se concluye con la determinación de la secuencia de esas operaciones.

Por último, también se estimaron los tiempos de fabricación por operación seleccionada. Los tiempos fueron determinados de acuerdo a los tiempos obtenidos de las operaciones tomadas durante la construcción del prototipo del subsistema, considerando y adaptando en su mayoría los factores necesarios para la toma de tiempos con cronómetro.

## **2.0 MARCO TEORICO**

### **2.1 La planeación de procesos**

En éste capítulo se discute la literatura relevante sobre el proyecto de tesis, luego se presenta una discusión de la literatura y de la práctica de la PP en las pequeñas y medianas empresas

Debido a la intensa competencia, y demandas cada vez más sofisticadas en el mercado, y la diversificación y cambios en la tecnología, ha aumentado la importancia del desarrollo de productos innovadores. Uno de los imperativos para reducir el tiempo de desarrollo de estos, es aminorar al máximo su tiempo de fabricación; además de reducir éste tiempo, se requiere encontrar la mejor solución para satisfacer las necesidades del mercado, y finalmente es necesario reducir el costo de desarrollo del nuevo producto. La planeación de procesos es de vital importancia para lograr estos objetivos (Partker 1997).

La manufactura hace posible que las ideas concebidas y especificadas en diseño se conviertan en realidad con la finalidad de obtener un producto o artículo útil, de calidad, y mejor que los productos existentes en el mercado (Sule 2001). Para lograr esto, tradicionalmente el desarrollo de nuevos productos se segmenta en distintas fases, iniciando con una idea y gradualmente progresa o evoluciona a un proceso detallado e implementación. De acuerdo con Khurana and Rosenthal (1998), la primera etapa o fase de preconcepto o evaluación estratégica, es una etapa preliminar que identifica oportunidades, tales como generación de ideas, análisis y planeación estratégicas del mercado y tecnologías, y el desarrollo de planes a largo plazo para todas las líneas o familias de productos. La segunda etapa, concepto, inicia el programa específico del nuevo producto mediante la exploración de los requerimientos o necesidades del mercado y el desarrollo de nuevos conceptos para el nuevo producto. La tercera fase, factibilidad y planeación, genera un concepto ganador o formal que incluye la definición de los requerimientos, responsabilidades, y el costo de las partes principales del producto. Las especificaciones técnicas, diseño de detalles, ensayos y validación de prototipos, fabricación, comercialización y actividades de logística se realizan en la fase

de ejecución. Se debe de enfatizar que el resultado final del proceso de diseño de detalles del nuevo producto son documentos y dibujos que describen en detalle cada componente de éste y esto se utilizará para planear la producción y procesos, para la fabricación y ensamble del producto.

Antes de asignar recursos para iniciar la producción del nuevo producto, éste es probado y validado para asegurar o comprobar que cumple con los requerimientos de función y otros atributos tal como se ha planeado (Ashley 1991). Las pruebas consisten en construir prototipos para productos que ensamblan, operaciones piloto para procesos, o desarrollar alguna simulación para servicios. Una vez que el nuevo producto ha sido validado, la compañía inicia la planeación de la producción y procesos para el nuevo producto. En esta fase se adquieren y se instalan maquinaria y equipo, instalaciones físicas se arreglan o se construyen, se contratan y se capacitan a operadores y personal en general.

Para lograr un diseño y desarrollo exitoso, es importante mencionar que debe haber una integración total de todas las áreas funcionales, bajo principios de la ingeniería concurrente tales como, la comunicación, la toma de decisiones, la motivación, la integración y el trabajo en equipo. Para fabricar productos de alta calidad, al costo mínimo posible, se requiere comprender las relaciones complejas de varios factores, como las especificaciones y diseño del producto, la selección de materiales, y la selección de los procesos de manufactura, los cuales deberán estar íntimamente interrelacionados.

Los diseños o productos continuamente se están innovando para satisfacer mejor al cliente, y como consecuencia de esto los procesos se optimizan, con la finalidad de reducir tiempos y costos de producción y ensamble, causados principalmente para eliminar o disminuir rechazos, retrabajos y desperdicios que se generan en los procesos.

Es en este aspecto en donde radica la importancia de la PP, que es fundamental para producir un producto con las características declaradas por diseño, resultando en beneficios tanto para el fabricante como para el consumidor.

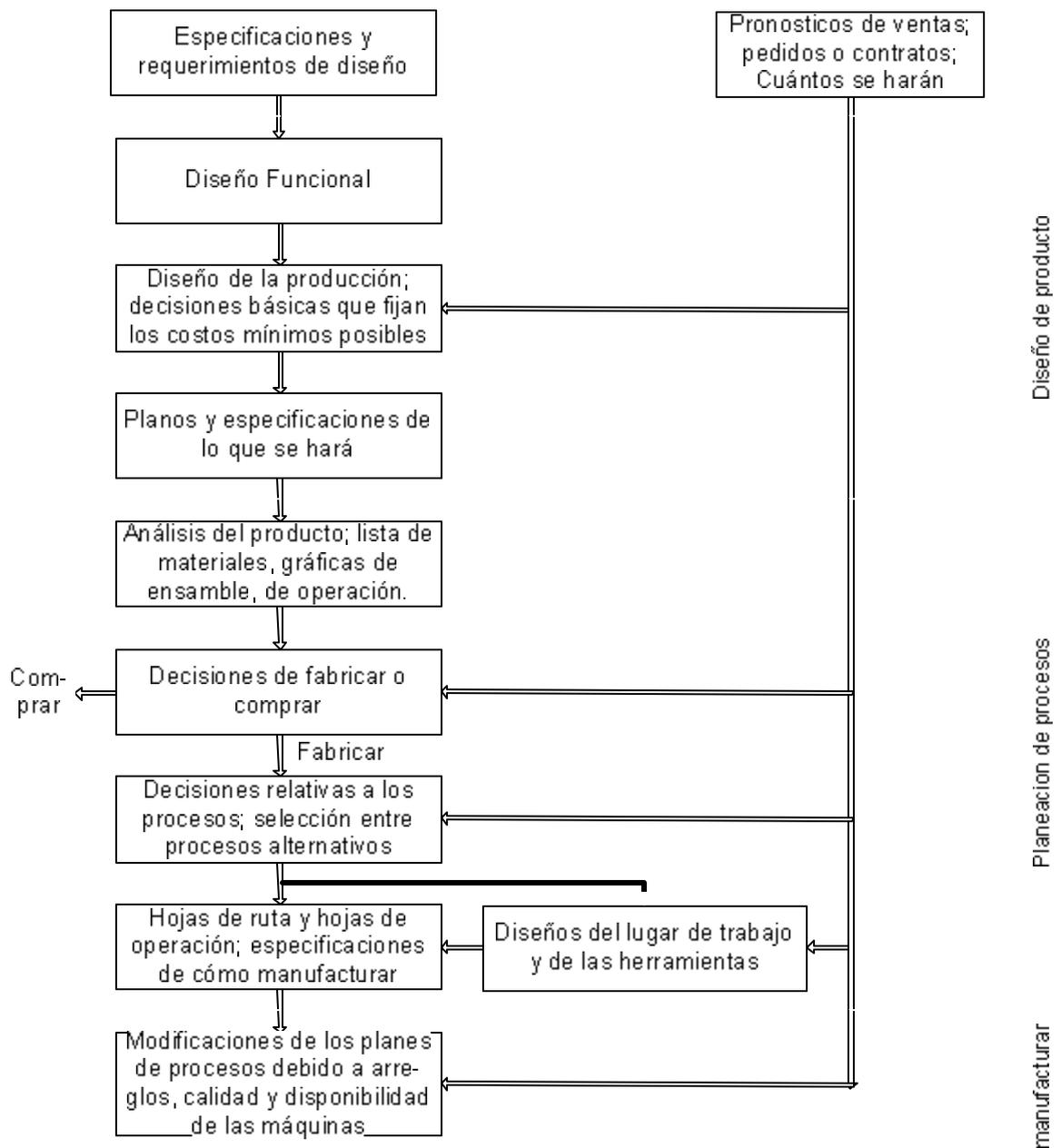
La PP es la creación de un método particular y único de fabricación, que generalmente comprende un cierto número de pasos u operaciones. Miller (1992) afirma:

*“La PP, es la determinación del tipo y orden apropiados para las actividades u operaciones (procesos) necesarios para la fabricación de un producto, un componente o una parte de tal manera que se cumplan las especificaciones de diseño”.*

Esto significa que la PP, esencialmente determina cómo un componente se fabricará. Por lo que se puede considerar esta etapa como la mayor determinante del costo de producción y de las posibles ganancias generadas, es decir, tiene como objetivo minimizar el costo de producción, ya que depende en buena medida en esta etapa, pues al eliminar, juntar, o disminuir el tiempo de una operación, se pueden reducir costos, mano de obra, tiempos de producción, desperdicios, entre otros.

La PP también permite determinar las rutas apropiadas del producto a través de las instalaciones físicas. Siempre existirán muchas restricciones o limitaciones en el proceso de toma de decisiones en la planeación de procesos, como son: la capacidad de la maquinaria, el volumen de producción, hasta a la habilidad de los operarios para maniobrar y fijar las piezas de trabajo o para utilizar adecuadamente las herramientas de sujeción e inspección. En forma paralela, el departamento de manufactura estima los costos de cada operación, determinada en la planeación de procesos, la cantidad de materia prima necesaria a ordenar, así como también para planear la capacidad de planta y de maquinaria, para determinar los posibles cuellos de botella del sistema, y para realizar otras funciones de control necesarias. Mientras que la ingeniería de proceso o departamento de producción determina la secuencia de las operaciones de los productos o partes en las diferentes máquinas que se tengan o que se hayan seleccionado, así como también la asignación física de la ruta de los productos y vigilar el avance de los productos a través del proceso.

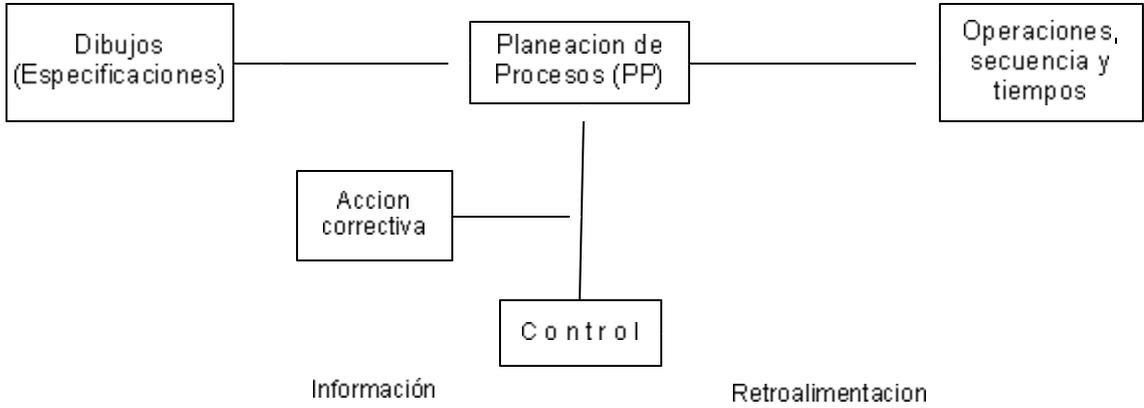
La PP, se considera como un puente entre el diseño y la manufactura, traduciendo todas las especificaciones de diseño en detalles de procesos de manufactura, en otras palabras,



La Figura 2.1 muestra una metodología para la planeación de procesos, de acuerdo a Buffa (1978). Como se puede observar en esta figura, las funciones de las actividades de diseño, planeación de procesos y manufactura están bien delimitadas. Ésta metodología es un proceso sistemático para realizar una adecuada planeación de procesos, independientemente del tipo de producto o tamaño de la empresa.

Por otro lado, el sistema de control de las actividades de la planeación de procesos se muestra en la Figura 2.2. Esto significa que el PP tiene entradas y salidas; las entradas, como especificaciones de diseño, dibujos de detalles del nuevo producto, lista de materiales y partes, etc. entran al sistema, en donde se transforman, produciendo salidas como: operaciones, secuencias y tiempos. Como se observa en esta figura, el sistema de control cuenta con una verificación continua de las salidas, mediante la comparación de estos con criterios establecidos o resultados deseados, resultando en una retroalimentación, para corregir las entradas.

**Figura 2.2:** Diagrama particular de la planeación de procesos



Hay muchas orientaciones o acercamientos para la planeación de procesos, como el mostrado en la Figura 2.2; otras metodologías para la PP, como la propuesta por Singh (1996), que consiste de los siguientes pasos:

1. Análisis de requerimientos de partes.
2. Selección de las piezas de trabajo.
3. Determinar las operaciones de manufactura y su secuencia.
4. Selección de máquinas-herramienta.
5. Selección de herramientas, dispositivos de sujeción e instrumentos de inspección.
6. Determinar las condiciones de maquinado: velocidad de corte, avance y profundidad de corte, tiempo de preparación, tiempo de procesamiento.

#### *1. Análisis de requerimientos de partes*

El objetivo de este paso es contestar la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los requerimientos de las partes? En el nivel de ingeniería en diseño, los requerimientos pueden definirse como:

- I. Especificaciones de las características sobresalientes de las partes,
- II. Especificaciones de dimensiones,
- III. Especificaciones de tolerancias.

El análisis del requerimiento de partes terminadas es el primer paso en la PP, aquí se analizan las características distintivas de las partes. Ejemplo de características geométricas, como: superficie plana, cilindro, cono, escalón, borde, fillets, entre otras. Estas características pueden modificarse, agregando ranuras, hoyos, estrías, aberturas, cavidades.

#### *2. Selección de piezas de trabajo*

La selección de la pieza de trabajo es un aspecto muy importante en la PP. Involucra los siguientes atributos: forma, tamaño (dimensiones y peso), material. Ejemplo: la forma de una parte bruta o pieza de trabajo podría tener formas diversas: barra, lingote, solera, pieza cuadrada, o una pieza forjada. Desde el punto de vista económico y precisión de la

dimensión, se requiere considerar con cuidado la sobre-medida de la pieza de trabajo. El peso y el material de la pieza de trabajo lo determinan los requerimientos funcionales de la pieza requerida.

### *3. Determinar Operaciones de manufactura y sus operaciones*

El siguiente paso en la PP, es determinar el tipo apropiado de operaciones y su secuencia para transformar las características distintivas, dimensiones y tolerancias de una parte o pieza de trabajo, a un estado terminado.

Siempre habrá diferentes maneras de cómo manufacturar un diseño dado. Muchas veces existirán restricciones o limitaciones en las empresas, tales como factores económicos o técnicos, como lo son la accesibilidad y preparación de la maquinaria que podrían requerir que algunas características geométricas sean maquinadas antes o después de otras; algunas mas como los tipos de máquinas y su flexibilidad, costo de las herramientas de sujeción e inspección, y número de herramientas que podrían cargarse en la máquina; el tamaño del lote; requerimientos de rugosidad o acabado superficial y tolerancia, que podrían influir en la secuencia de las operaciones, entre muchos mas (Riggs 2003).

La elección de un proceso de manufactura queda regularmente determinada por diversas consideraciones, algunas de estas son:

- Las características y propiedades del material de la pieza
- La forma, tamaño y espesor de la parte.
- Los requerimientos en las tolerancias y acabados superficiales.
- Los requerimientos de funcionamiento de la pieza.
- El volumen (cantidad) de producción.
- El nivel de automatización requerido para cumplir con el volumen y la rapidez de producción.
- Los costos de las operaciones de la manufactura.

Muchos materiales se pueden procesar a temperatura ambiente, mientras que otros requieren temperaturas elevadas. Algunos materiales son fáciles de trabajar, por ser suaves y dúctiles; otros, porque son duros, frágiles y abrasivos, requieren técnicas especiales de procesamiento y materiales especiales de herramienta y dados. Es decir, influye el material a utilizar en la selección de las operaciones (Hodson 1996).

Más aún, los tipos de máquinas y herramientas disponibles, así como el tamaño del lote influyen en la secuencia del proceso. Por ejemplo, un plan de proceso que es óptimo en una máquina de tres o cuatro ejes, podría no ser óptimo en una máquina de cinco ejes; esto es debido a la gran flexibilidad de máquinas de número mayor de ejes. Similarmente, las herramientas disponibles y las herramientas que podrían cargarse en una máquina en particular podrían cambiar la secuencia.

La fuerza de corte y la rigidez de la pieza de trabajo-herramienta-máquina también influyen la secuencia de las operaciones. Las restricciones de las características geométricas, dimensiones, tolerancias, accesibilidad, preparación son algunos de los muchos factores que dictan los requerimientos de procesamiento y su secuencia. Aunque algunas veces, las operaciones son dependientes entre ellas.

Resumen de restricciones para definir operaciones y secuencia:

- I. Accesibilidad y preparación de máquina;
  - a. Tipo de máquinas (número de ejes, flexibilidad);
  - b. Herramientas disponibles y número de herramientas que podrían cargarse en la máquina;
  - c. Tamaño de lote;
  - d. Acabado superficial (rugosidad);
  - e. Tolerancias;
  - f. Operaciones dependientes;
  - g. Fuerzas de corte, rigidez pieza de trabajo-máquina-herramientas

Criterios de evaluación:

- a. Calidad del producto a fabricar, y
- b. Eficiencia del maquinado.

Todo proceso de manufactura tiene ventajas y limitaciones; pues la mayoría de las piezas a manufacturar se pueden fabricar con uno, dos o más procesos de fabricación posibles, pero todo dependerá de los requerimientos de calidad, aspectos económicos, flexibilidad del proceso, decisiones administrativas, y demanda principalmente, para la selección adecuada de las operaciones (Doyle 1998).

#### *4. Selección de máquinas herramientas*

Los factores o criterios que influyen en la selección de máquinas-herramientas se clasifican de la siguiente manera:

- I. Atributos relacionados con la pieza de trabajo: dimensiones de la pieza de trabajo, tolerancias, forma del material, entre otras.
- II. Atributos relacionados a la máquina-herramienta: capacidad, tamaño, modo de operación (manual, semiautomático, CNC), capacidad de cambio automático de herramienta.
- III. Volumen de producción: Cantidad de producción y frecuencia de pedidos.

Los criterios para evaluar o seleccionar la máquina más adecuada para completar una operación son:

- I. Costo de producción por unidad;
- II. Tiempo de producción; y
- III. Calidad.

#### *5. Selección de herramientas, dispositivos de sujeción e instrumentos de inspección*

Una combinación de máquina-herramienta y herramienta de corte se requiere para generar características geométricas en la pieza de trabajo. Los dispositivos de sujeción se usan para colocar y sostener las piezas de trabajo, para generar las características geométricas.

El equipo de inspección es necesario para asegurar la precisión de las dimensiones, tolerancias y acabado superficial de las características geométricas. Las formas de inspección son: en línea o fuera de línea. La selección de máquinas herramienta, herramientas de corte, dispositivos de sujeción, equipo de inspección se basa primeramente en las características geométricas requeridas.

Más aún, especificaciones para la herramienta de corte incluyen varios ángulos, tales como el filo, claros, ejes de corte, radio de la nariz (punto). El objetivo principal de los dispositivos de sujeción es sostener apropiadamente y con seguridad las piezas de trabajo.

Algunos factores que determinan la selección o diseño de los dispositivos de sujeción son: forma, dimensiones, precisión, razón de producción, y variedad de partes. También existe una gran gama de herramientas de corte, desde: Aceros de alta velocidad, Carburos, Cerámica, y Diamante.

Pero de entre miles de herramientas de corte, ¿cómo seleccionaríamos un planeador de procesos la herramienta apropiada?

Entre los criterios más comunes pueden enlistarse las siguientes:

I. Consultar a proveedores: lo cual ayudaría a mejorar la productividad a través de la recomendación de la herramienta adecuada; esto además permite conocer la opinión de los expertos en el proceso de decisión.

II. Considerar el impacto de la herramienta en el costo de las operaciones de maquinado, y no en el costo inicial de las herramientas; normalmente el costo de la herramienta oscila entre el 3% al 4% del costo de producir una parte.

III. Considerar otros costos como refrigerantes, preparación de la máquina y mano de obra, los cuáles son afectados negativamente o positivamente por las herramientas.

Una buena selección de la herramienta de corte, puede tener un impacto muy importante en el costo de producción. Por ejemplo:

I. Herramientas con resistencia al desgaste, extienden la vida de la herramienta, por lo que reducen el costo del herramental y reducen el tiempo de cambio de herramienta.

II. Herramientas que son duras y que trabajan a alta velocidad y avance, mejoran de manera significativa el tiempo de los ciclos (tiempo de producción por pieza) y reducen el costo por pieza.

III. Las herramientas de precisión que reducen la desviación de tolerancias y que proveen acabados superficiales consistentes, normalmente reducen o eliminan desperdicio o rechazos.

### *Definición de Criterios*

El proceso de selección de herramientas involucra un número de pasos; todos se relacionan con la aplicación:

1. Definir la operación: identificar si la operación es de desbaste, acabado, una sola operación de corte. Investigar si la operación requiere refrigerante o enfriamiento, mínima calidad de lubricación, o maquinado en seco. Todos estos aspectos tienen un impacto en la selección de la herramienta.

2. Definir la geometría de la parte: es muy importante identificar las características geométricas más complicadas o complejas.

3. Definir el material de la pieza de trabajo: las aplicaciones actuales demandan una variedad de materiales que van más allá de las fundiciones y aceros, tales como: magnesio, aluminio, aceros HSLA, compósitos.

4. Determinar la rigidez de dispositivos de sujeción, los usuarios de las herramientas deben considerar si la partes o componentes tienen o no paredes delgadas o requieren el uso de herramientas con “mango o base” largo.

5. Definir el tipo de proceso u operación: definir si la operación es: fresado, torneado, dividiendo/estría, ranura, muesca, abertura, cortar, agujero, taladrar, roscado, o algún otro.

6. Cuando las operaciones se han definido, se procede a seleccionar el herramental y por lo tanto el proveedor, el cual provee de información acerca del diseño y geometría del cortador; material y composición; recubrimiento y desempeño; tipo de sujetador de herramienta.

7. Considerar las velocidades y avances óptimos para las operaciones y tipos de herramientas.

#### *6. Determinar condiciones de maquinado y tiempo de producción*

Una vez que se ha especificado el material de la pieza de trabajo, máquina herramienta, y herramientas de corte, la pregunta ahora es: qué se puede controlar para reducir el costo y mejorar la razón de producción?

Las variables controlables son la velocidad de corte, avance y la profundidad de corte. En conjunto estas variables se les denomina como condiciones de maquinado.

## **2.2 La Planeación de Procesos Asistida por Computadora**

Hay dos acercamientos a la planeación de procesos:

1. La planeación manual de procesos, y
2. El método CAPP.

### **2.2.1 La planeación manual de procesos**

El proceso manual de planeación de procesos es el método más usado, los pasos básicos son discutidos en la sección 2.1

El problema más grande del proceso manual, es el tiempo que se consume y el plan desarrollado para un período dado de tiempo, no podría ser consistente. Por otro lado la viabilidad de la PP depende de muchos factores, tales como el diseño y la disponibilidad de máquinas herramienta.

El plan de procesos tiene mucha influencia sobre factores como: programación, y asignación de máquinas herramientas. Por lo tanto, para desarrollar un plan de procesos apropiado, por no mencionar uno óptimo, los planeadores de procesos deben tener conocimiento y experiencia muy buena. Normalmente, toma mucho tiempo y recursos para desarrollar esta habilidad. Así que se han desarrollado sistemas computarizados para resolver este inconveniente.

### **2.2.2 El Método CAPP**

¿Por qué CAPP?

Como se ha mencionado anteriormente, el propósito de la PP es traducir los requerimientos de diseño en detalles de procesos de manufactura. Esto sugiere un sistema de retroalimentación adelantada (feedforward), en el cuál la información de diseño se procesa por el sistema de PP para generar detalles de procesos de manufactura.

Pero en un ambiente de ingeniería concurrente, se requiere optimizar el desempeño del sistema en un contexto global. Por lo tanto, se tiene que integrar el sistema CAPP en el flujo interorganizacional de la compañía. Por ejemplo, si se cambia un diseño, se debe ser capaz de revisar un módulo del CAPP para estimar el costo de estos cambios. Similarmente, si una máquina se descompone en el taller, el CAPP deberá ser capaz de proporcionar un plan alternativo de procesos para una solución más económica que se pueda adoptar para tal situación.

### **2.3 Determinación de tiempos estimados de fabricación**

Cuando un cliente potencial envía las especificaciones de una pieza de equipo para su manufactura, la compañía debe cotizar o estimar un precio competitivo para este trabajo; y para hacer su oferta, la compañía por lo tanto debe estimar el costo de manufactura, lo que a su vez requiere una estimación satisfactoria del tiempo que éste producto requerirá del sistema de fabricación. En otras palabras, una compañía que no cuente con estas estimaciones de tiempos de producción, para cada una de las operaciones realizadas en su planta se encontrará en una posición desventajosa ante sus competidores, cuando se le presente esta situación. Por consiguiente, es muy importante disponer de estimaciones de tiempos para cada una de las operaciones, a partir de las cuales se puede deducir el tiempo de manufactura, para establecer el precio relativo o de producción de un producto, no solamente cuando el producto se produce como un artículo estándar de inventario, sino también para situaciones cuando se fabrica según los requerimientos del cliente, o cuando son tiempos estimados de operaciones planeadas para empresas de reciente creación.

Regularmente en la mayoría de los casos se encontrará que los tiempos de fabricación estimados para una empresa nueva, resultarán tener un margen de error más grande al usual; esto es lógico que suceda, debido a muchos factores iniciales, tales como, los climáticos, inadecuado uso de la maquinaria y herramientas, falta de experiencia o capacitación en los operarios, modificaciones en el diseño del producto después de implantar la empresa, método inadecuado de toma de tiempos del analista, entre otros factores. Pero cualquiera que sea la actividad, forma o método que se realice para la toma de tiempos, es de manera importante la determinación o estimación previa de estos tiempos, para la programación del trabajo (Niebel 2001).

La medición del trabajo de tareas realizadas manualmente, consiste en varias de las siguientes técnicas principales: el estudio de tiempos con cronómetro, los sistemas de tiempo predeterminados (MTM, MOST, factor de trabajo, entre otros), muestreo del trabajo y tiempos históricos (o estándar).

La importancia de la medición del trabajo, se puede observar desde varios enfoques:

1) En la planeación y programación de la producción: Porque es importante conocer la capacidad de producción de la empresa, con el propósito de establecer los compromisos, tanto con los clientes relativos a entregas como con los proveedores de materia primas para lo cual es absolutamente necesario conocer el tiempo de manufactura de cada producto. Estas consideraciones son válidas para la elaboración de presupuestos, programación de productos a producción y modelos económicos.

2) En la organización de la producción: Esto es porque si se cuenta con los tiempos de manufactura, se pueden precisar las cantidades que se pueden producir en una jornada de trabajo, orientado tanto al supervisor para determinar la carga de trabajo que se va a asignar a cada trabajador y a éste último en saber cual es la meta a alcanzar en su jornada de trabajo y estar dentro de los niveles de eficiencia.

3) En lo social: Al obtener el tiempo de manufactura, se deben adicionar los suplementos necesarios que son requeridos por el trabajador para que rinda eficientemente durante toda su jornada de trabajo, elevando el rendimiento del trabajador

y por lo tanto la moral de este, ya que al cumplir satisfactoriamente con las metas señaladas (tiempos estimados) se sentirá productivo y por lo tanto a gusto en la empresa.

4) En lo económico: Al cumplirse con las metas señaladas de producción, con la cantidad óptima de recursos materiales, maquinaria y sobre todo humanos, el margen de utilidad estará muy cercano al calculado de acuerdo al precio de venta (Martinez, 2004).

Existen varias aplicaciones o ventajas de la medición del trabajo, o tiempos estimados de fabricación en los procesos productivos, entre los cuales se encuentran las siguientes:

1. Sirve de base para establecer de manera estimada los costos de la producción.
2. Ayuda a la planeación y programación de la producción.
3. Se aplica en el establecimiento de las cargas de trabajo
4. Sirve para establecer los estándares de producción.
5. Ayuda a determinar el salario devengable por esa tarea específica.
6. Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control.
7. Facilita al supervisor en las labores diarias balanceando las tareas para cada trabajador.
8. Sirve de base en el cálculo de inversión de capital para compra de equipo
9. Se aplica directamente para el cálculo de las promesas de entrega al cliente.
10. Organización efectiva en tamaño y estructura.
11. Planeación, control y presupuestos.
12. Consideraciones de diseño del trabajo y de factores humanos.
13. Determinación de procesos de producción.

Por todo lo anterior, es válido pensar que sin el apoyo inicial y permanente de la alta dirección, y más aún con los muy probables problemas humanos y técnicos que se suscitaran durante la implementación de algunas de las técnicas de estudios de tiempos, será muy difícil tener resultados rápidos y cumplir con todas las expectativas mencionadas anteriormente (Hodson 2002).

## **2.4 La planeación de procesos y las PyMEs**

En la actualidad, no se tiene información ni conocimiento, en relación a la fabricación de este producto (contenedor), debido a que es un producto nuevo, de tecnología innovadora, para ser utilizado como un subsistema de los calentadores de agua de paso. Se pretende que dicho subsistema se manufacture con las características óptimas que el mercado requiere, como son durabilidad, confiabilidad, y económicamente accesibles.

Por otra parte, la PP se lleva a cabo regularmente en las grandes empresas, antes ya mencionado, esto es debido a que tienen especialistas en éstas áreas de la producción, o porque tienen esa visión de entender y comprender que si las operaciones se planean anticipadamente va a traer resultados benéficos, como puede ser en la reducción de costos, sino a corto lo hará en el largo plazo. En otras palabras, es importante que si se planea adaptar un método o forma de trabajo como lo es la PP en una empresa, se debe tener bien claro cuales son las metas, objetivos y estrategias a seguir antes de llevar a cabo cualquier tipo de actividad; también es estrictamente necesario la participación, la iniciativa, la cultura y la visión de los altos mandos, como puede ser el dueño, el director, o los gerentes para ayudar a ser mas productiva la empresa y así obtener mayores ganancias.

## **3.0 TECNICAS Y METODOS**

### **3.1 Proceso de planeación de procesos**

El desarrollo de la PP, se puede realizar en diversas etapas y/o actividades, como ya se mencionó en el capítulo dos, pero este trabajo de investigación sólo se enfocó en las primeras actividades necesarias para la realización de la PP, inclinándose por las etapas propuestas por Singh (1996) y basándose en las delimitaciones hechas en el capítulo uno, las etapas a desarrollar serán:

- 1) Análisis de las piezas de trabajo;
- 2) Determinar las operaciones de manufactura y su secuencias;
- 3) Determinación del tiempo estimado de fabricación.

El análisis de las piezas de trabajo, es un aspecto muy importante en la PP, pues de esta etapa depende la selección adecuada de las operaciones de cada pieza, y de su secuencia de ensamble. Desde el punto de vista económico, y según la precisión de la dimensión, se requiere considerar con cuidado las medidas y la forma de las piezas en estado terminado y de la materia prima a utilizar, con la finalidad de saber qué tanto desperdicio se va a tener después de transformar dicha materia prima a producto terminado; además también depende de otros factores como la maquinaria, las herramientas a utilizar, los procesos, entre otros.

El objetivo de la selección de operaciones y su secuencias, en este trabajo, es elegir procesos comunes, económicos, y relativamente manuales, esto debido al pronóstico estimado de productos a fabricar, así como también para reducir costos de manufactura (costo de material, de herramientas, costos fijos, costos variables, costos de mano de obra directa e indirecta), y así poder competir con los productos semejantes, existentes en el mercado. Los diagramas elaborados para la representación visual de la secuencia de las operaciones son la gráfica de ensamble, y la gráfica de operaciones del proceso.

Los tiempos estimados de fabricación de un producto, permiten conocer cuántos productos se podrán fabricar en un día, en una semana, en un mes o en un año. Es decir, conocer la capacidad de planta y programar la planeación de la producción.

### **3.2 Técnicas y métodos empleados para la PP del contenedor**

Las técnicas que a continuación se presentan, consideran todos los pasos en el proceso de planeación, de fabricación, y de ensamble del termosifón. En cada uno de los diagramas y tablas a ejemplificar, éstas ofrecen diferente tipo de información, que van a permitir entender mejor la manufactura y ensamble de cada una de las partes del producto a fabricar.

A todas estas herramientas utilizadas, también se les conoce como, auxiliares esquemáticos, los cuales ayudan a la descripción y comunicación en diseño de métodos. Estas gráficas incluyen entre otras, el diagrama de flujo, la gráfica del proceso de operaciones, gráfica de flujo de operaciones, gráfica de ensamble, gráfica hombre-maquina, gráfica de actividad múltiple, diagrama de frecuencia de viajes, tabla de frecuencia de viajes, gráfica de flujo (cursograma analítico), tabla bimanual, hojas de ruta y de operación, entre otras. Algunas de estas gráficas, son elaboradas solo en el caso de una empresa establecida, es decir, cuando se tienen bien definidos los procesos y, se requiere cambios o mejoras en los mismos, en otras palabras, no pueden ser elaboradas en caso de plantas y procesos nuevos, sin ninguna documentación histórica, como es el caso de este trabajo (Kalpakjian 2002).

El objetivo de utilizar todas estas herramientas, en la PP, es ayudar a que todas las operaciones seleccionadas puedan organizarse en un método lógico y económico de fabricación y de secuencia. Debe tomarse en cuenta que existen operaciones que requieren de otras para ser llevadas a cabo, es decir, que deben hacerse antes, otras que pueden combinarse para reducir el tiempo de producción, o en todo caso que no deben ir juntas; todas estas consideraciones ayudan a determinar la secuencia de operaciones.

Las herramientas utilizadas en el presente trabajo, fueron principalmente gráficas y tablas, y son las siguientes:

1. Tabla de análisis de las partes
2. Planos de referencia.
3. Lista de materiales.
4. Gráfica de ensamble.
5. Gráfica de operaciones.
6. Hojas de ruta.

#### *1. Tabla de análisis de las partes*

El propósito de desarrollar ésta tabla, es la de resumir y ejemplificar las dimensiones y tolerancias de todos las partes dibujadas en los planos; así como la de mencionar cómo se tiene y cómo se va a obtener la materia prima en el mercado, en cuanto a su forma, con la finalidad de planear y analizar las posibles operaciones a seleccionar para transformar ésta materia prima a un producto terminado.

Este análisis se basa en el diseño del producto; haciendo alusión a los planos de referencia, cuya información se vació en ella; éste análisis también tiene como propósito relacionar e informar cómo se adquiere la materia prima, y cómo se pretende transformarla para tener cada una de las partes que se necesitan, en base a las dimensiones y tolerancias requeridas.

La información contenida en la tabla de análisis de las partes es la siguiente:

- Material utilizado.
- Forma de la materia prima, encontrada en el mercado.
- Nombre de la pieza a manufacturar.
- Dimensiones y tolerancias de la materia prima, encontrada en el mercado.
- Dimensiones y tolerancias de las partes manufacturadas
- Nombre y secuencia de las operaciones de cada una de las piezas.

## *2. Planos de referencia*

Un plano de referencia, es cualquier dibujo o croquis utilizado por el diseñador de herramientas o el planeador de procesos, con la finalidad de interpretar y entender mejor cada una de las partes de un producto. Estos planos son considerados como una herramienta útil, tanto para un ingeniero civil, como para un eléctrico, un mecánico, un industrial, etc. La función principal de estos es que nos dan una importante visión para saber cómo se quiere el producto a fabricar.

En este trabajo se hará referencia a los planos o dibujos elaborados en tres dimensiones, esto es con la finalidad de saber realmente cómo es el producto y sus diferentes partes, así como también saber cuáles son sus dimensiones, y cómo se unen cada una de esas partes para formar el producto final.

Las piezas dibujadas fueron seis, junto con el plano del ensamble final, conocido comúnmente como dibujo de ensamble. En cada uno de estos planos, se hace mención sobre el nombre de la pieza, el material del cual esta hecha cada parte, el código, la acotación y quién elaboró los dibujos; podrían no ser todos los datos, pero sí es importante que contenga toda la información relevante que debe llevar todo plano de referencia, para quién los utilice, realice la interpretación adecuada (Curtis 1996)

Los planos de referencia, se consideran como una descripción muy completa del producto. Son usados por los ingenieros para determinar los procesos necesarios para convertir la materia prima en producto terminado. Además los trabajadores usan la descripción del producto para visualizar y determinar las dimensiones precisas, su composición y/o acabado superficial deseado. En muchas ocasiones, estos planos se adjuntan a medida que avanza el producto en los procesos y lo usan los trabajadores siguientes para determinar las operaciones apropiadas de las máquinas (Miller 1992).

El nombre de la pieza fue asignado en base a las características de la pieza. El código de identificación de cada una de las piezas, se desarrolló tomando la primer letra del subsistema, en este caso del Contenedor de un Termosifón Bifásico Anular (CTBA) con

un límite de cinco letras, separadas con un guión, con los siguientes dígitos, que son también la primer letra de todas las palabras que componen el nombre de la pieza a manufacturar o comprar, con un límite de cuatro letras, por ejemplo Tubo Apéndice (TA), y por último se escribe el número de la pieza asignado en el dibujo de ensamble, dependiendo de la secuencia de ensamble, separados con un guión con los dígitos designados para la pieza; el ejemplo anterior quedaría CTBA-TA-06.

### *3. Lista de materiales*

Esta tabla debe mostrar la relación que existe entre lo que se está produciendo y la posible comercialización, es decir, la demanda, ya que muestra información y un panorama más amplio acerca de las características de las partes a fabricar; es muy importante ya que puede ser utilizada en varios departamentos, tales como ventas, compras y producción, pues ésta contiene información sobre todas las cantidades de las diferentes piezas a manufacturar para llegar al producto o ensamble final (Sule 2001).

La información contenida en esta tabla es:

- Numero de la pieza en los planos de referencia,
- Nombre de la pieza,
- Unidades requeridas,
- Descripción de material utilizado ,
- Peso de cada parte,
- Costo unitario,
- Nombre del proveedor.

Debido a lo anterior, la lista de materiales, se considera como una herramienta útil para la planeación futura de la manufactura de las partes de un producto y para la adquisición de la materia prima que se necesite.

### *4. Gráfica de ensamble, montaje o gráfica Gozinto*

Indica la relación de las piezas para un producto ensamblado. Señala el carácter de los subensambles, sus relaciones con el producto como un todo y con las operaciones de ensamble requeridas.

Regularmente, los diagramas de ensamble se usan para dar una macrovista general de cómo se deben unir los materiales y subensambles para formar un producto terminado, estos muestran la secuencia para ensamblar un producto, a partir de los planos de referencia las piezas (Gaither 2000). En las etapas de un sistema de producción no se conocen aún los esquemas de las máquinas y la planta, entonces a partir de los diseños de las piezas y el producto, solo se pueden visualizar las operaciones y la secuencia en que tienen que realizarse. Aquí es donde se utilizan estas gráficas, las cuáles dan una amplia vista de conjunto de cómo se van a montar las diversas partes manufacturadas de manera separada hasta llegar a conformar el producto final (Miller 1992).

Estas gráficas se auxilian de círculos y recuadros para representar alguna operación, o inspección, a un costado del círculo se debe especificar qué operación se está llevando a cabo, y en el interior del círculo se anota cuál es la secuencia de las operaciones, puede ser un número, una letra o ambas, como por ejemplo, 1, E, ó E1. Estas gráficas se pueden ejemplificar de varias formas, la mas usual y utilizada en la industria es la que aquí se elaboró y se presenta, que fue primeramente dibujar en la parte izquierda de la hoja, círculos enumerados verticalmente en forma ascendente, los cuales indican el número de piezas o partes utilizadas que conforman el producto final; a continuación estos círculos se van uniendo con líneas horizontales, formando subensambles o ensambles, eso dependerá de las características de cada una de las piezas fabricadas, todo lo anterior se dibuja de izquierda a derecha, esto es hasta llegar al ensamble final en la parte derecha inferior (Monks 1991)

##### *5. Gráfica de operaciones*

Se desarrolla a partir de la estructura de la gráfica de ensamble. Estas gráficas de operaciones añaden mas información respecto a la manufactura real de las partes que integran el producto ensamblado, señalando y mostrando en forma clara las operaciones que se deben ejecutar, su secuencia lógica del flujo de ensamble y de manufactura, así como una descripción y/o nombre de la operación, el numero de cada operación y el tiempo estándar (Criollo 1998).

La gráfica de operaciones, se desarrolla a partir de círculos por operación requerida, por ensamblar cada parte hasta llegar al ensamble final, o para empacar el producto terminado; también utiliza un cuadro para ejemplificar una inspección. Esta gráfica, muestra la entrada de materiales, o nombre de las piezas, en la parte superior de la hoja en forma horizontal, y después debajo de la línea de cada pieza o material, una línea vertical se dibujará conectando los círculos y cuadros, que significa que son los pasos para la transformación de la materia prima a producto terminado, y así sucesivamente, hasta llegar al producto final.

Usualmente, la primera parte, para empezar el ensamble se muestra en la parte derecha de la página, es decir, la que tiene un mayor número de operaciones, o la más importante; la segunda parte en importancia, se muestra a la izquierda de la primera y así sucesivamente. Es necesario identificar las partes que se van a fabricar y aquellas partes que se van a comprar, esto es para realizar una adecuada PP, e ir determinando su secuencia de fabricación y de ensamble anticipadamente. Las piezas que no requieren pasos de fabricación, ya que son compradas, se les conoce como buyouts; estas partes que se compran se introducen por arriba de la operación, en donde serán usadas (Miller 1992).

La gráfica de operación muestra mucha información en una sola página, todas son diferentes y dependerán del producto a fabricar, por lo que un formato estándar puede no ser muy práctico. El círculo es universalmente aceptado como el símbolo para operaciones, por consiguiente el origen del nombre para ésta gráfica, el otro símbolo utilizado en este tipo de gráficas es un cuadro, el cuál es interpretado como una operación de inspección.

La información contenida regularmente en la gráfica de operación es:

- Nombre de la pieza (Materia prima),
- Los productos que se compran,
- La secuencia de fabricación,
- La secuencia de ensamble,

- El tiempo estándar o estimado por operación,
- Dimensiones de las partes,
- Resumen expuesto en un recuadro, si es necesario, sobre el número de operaciones, de inspecciones y el tiempo total de fabricación.

Es válido afirmar que una vez elaboradas estas gráficas de operación, el ingeniero de métodos, puede llegar a tener una idea de layout de la planta (plan de distribución), estimados de costos de mano de obra y planear la programación de la planta.

#### *Tiempos Estimados de Operación (T.E.O.)*

En esta parte se describirá, la forma en que se obtuvieron los tiempos de proceso de cada una de las operaciones especificadas en la gráfica de operaciones y resumidas en las hojas de ruta.

El tiempo especificado en cada operación, es básicamente un tiempo estimado propuesto de cada operación realizada, el cual se hará referencia a éste con las siglas T.E.O, este tiempo fue obtenido por medio del método de toma de tiempos con cronómetro, de un prototipo que se fabricó en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, específicamente en el taller de metal-mecánica; todas las operaciones fueron realizadas por un técnico especialista y con suficiente experiencia para llevar a cabo cada uno de estos procesos, como fue, corte, torneado, soldado, y lijado.

Para obtener el T.E.O se utilizó una fórmula muy similar a la que se utiliza para obtener el tiempo estándar, tomando como factores el tiempo observado, un factor de calificación y un porcentaje de suplementos o tolerancias (Niebel 2001).

#### *Formula 1*

$$T.E.O. = ( T.O. * F.C ) * ( 1 + \%Sup.)$$

Donde:

T.E.O. = Tiempo Estimado de Operación

T.O. = Tiempo Observado.

F.C.= Factor de Calificación.

%Sup. = Porcentaje de suplementos a observar.

*El Tiempo Estimado de Operación (T.E.O.)*, éste resulta del producto entre el tiempo observado y el factor de calificación para después multiplicarse por la unidad sumada con el porcentaje de suplementos correspondientes.

Cada una de las operaciones tienen un tiempo estimado, y la importancia de éste, se puede ver desde varios enfoques, algunos de estos fueron explicados en el capítulo dos. Pero se puede hacer hincapié en que ésta estimación de tiempos podrá ser útil en un futuro para que después de conocer el tiempo de fabricación por contenedor, se pueda tener una base para el pago de salarios, también para conocer el costo de producción por contenedor y por lo tanto las posibles ganancias o utilidades por manufacturar este producto.

*El Tiempo Observado (T.O)*, son todos los tiempos tomados en cada una de las operaciones realizadas en la fabricación del prototipo; teniendo en cuenta, factores relevantes para realizar la toma de tiempos, como es la experiencia, y conocimiento de las operaciones por parte del técnico, y el ambiente interior durante la fabricación del diseño.

*El Factor de Calificación (F.C)*, el principio básico de la calificación de la actuación es el de ajustar el tiempo observado para cada elemento, aceptable al tiempo que hubiera requerido un operario normal para hacer la tarea cuando trabaja a un paso promedio. Hay varios factores a calificar por parte del tomador de tiempos, tales como, habilidad, esfuerzo, desempeño, velocidad, consistencia, entre otros, los cuales se suman al último y se divide entre el número de factores calificados; el presente trabajo, se dio a todos los tiempos tomados un factor del 100 %, para evitar aumentar o disminuir el tiempo estimado, es decir, se consideró un desempeño de trabajo a un ritmo normal.

% *Suplementos* (%Sup), estos suplementos o tolerancias, se definen como el tiempo adicional otorgado al operario debido a diversos factores, imputables a las condiciones (posturas, peso, monotonía, temperatura, humedad), en que se ejecuta la operación como imputable al propio trabajador (fatiga, necesidades personales). Para esto existe una tabla de suplementos, estipulados por la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T), dados en porcentajes, de los factores que afectan el tiempo normal (T.N) de la operación.

Para este subsistema fabricado debido a que la naturaleza del trabajo es manual, y en base a lo que afirma *Niebel* (2001), es valido tomar la consideración que el suplemento promedio para los elementos manuales es del 15 %, y que en general, se aplica 10 % para elementos de máquina; esto es para aquellas operaciones en las cuales es difícil conocer los suplementos, debido en muchas ocasiones a que son llevadas a cabo en empresas de nueva creación.

En cada una de las hojas de ruta elaboradas de las diferentes piezas, se presentan cada uno de los tiempos observados, así como los estimados, es decir, ya contemplando los suplementos correspondientes, de cada una de las operaciones realizadas. También se presentan estos tiempos estimados de operación (T.E.O) en el diagrama de operaciones.

#### *6. Hojas de ruta (hoja de proceso de operaciones u orden de trabajo de producción)*

Esta tabla es una de las mas importantes en toda empresa, ya que en cada una de las etapas de su procesamiento, se debe analizar cada pieza para determinar las operaciones requeridas y para seleccionar y especificar los procesos que realicen las funciones requeridas; así se determina la ruta de cada una de las partes que componen el producto final. Esta información suele resumirse en estas hojas de ruta, las cuales junto con las gráficas de proceso de operación, especifican la forma en que se ha de fabricar la pieza o producto.

La información reunida de todas las hojas de ruta, se utiliza en muchas fases de la planeación futura, pues con toda la información contenida, se puede determinar el número y los tipos de máquinas que se han de adquirir para producir ciertos ritmos de

salida, el número y capacidad de los empleados requeridos, también se podrá determinar el sistema de producción a emplear y, desde luego, cómo debe disponerse la planta entera. Las hojas de ruta y la relación de materiales forman la principal base de datos para la planeación futura. Por último se afirmará que la hoja de ruta, es una lista preparada del orden en que se ejecutarán las operaciones en cada una de las piezas a maquinar (Sule 2001).

La información contenida en cada hoja de ruta del subsistema analizado, es:

1. Nombre del producto
2. Nombre y número de la parte.
3. Código de referencia.
4. Numero de ensamble o subensamble
5. Material.
6. Número de hojas del proceso
7. Número de operación
8. Descripción breve de cada operación
9. Tipo de máquina de cada operación
10. Tasa o estándar de producción por hora
11. Costos de mano de obra directa
12. Tiempos estándar y de preparación necesarios para cada operación.

Estas hojas podrán tener ya sea más o menos información, pero esto va a depender del ingeniero de producción o del encargado de elaborarlas y rellenarlas, dependiendo de las necesidades de producción.

En resumen, el empleo de tablas y gráficas estándar permiten visualizar el proceso de transformación y de ensamble de manera más sencilla y simple; y su utilización y adaptación de estas herramientas, permite documentar las actividades realizadas en cada uno de los procesos desarrollados. La información contenida dependerá de quién desarrolle cada una de estas herramientas.

## **4.0 PLANEACION DE PROCESOS PARA EL CONTENEDOR DE UN TERMOSIFON BIFASICO ANULAR**

### **4.1 El Plan de Procesos**

A continuación se presenta un resumen del plan de procesos para la fabricación del contenedor de un termosifón bifásico, describiendo los aspectos detallados de este plan.

El desarrollo de un plan de procesos, como se ha mencionado, se puede realizar en diversas etapas y/o actividades; éste trabajo de investigación solo se enfocó a algunas actividades claves para planear los procesos del contenedor, estas fases son esenciales y son la fase de inicio para desarrollar un plan de procesos efectivo. Los límites ya se especificaron en el capítulo 1, sección 1.4.

Las fases desarrolladas son las siguientes:

- *Análisis de las piezas de trabajo.*
- *Determinar las operaciones de manufactura y su secuencia.*
- *Determinación del tiempo estimado de fabricación.*

En la primera parte de la tesis, referente al análisis de las piezas de trabajo, se desarrolló una tabla, en donde se especifica el nombre de cada pieza, las dimensiones requeridas para cada una de las piezas a manufacturar, también se especifica la materia prima a utilizar, que en este caso es el cobre; además se dibujaron los planos de referencia y se elaboró una lista de materiales, según las especificaciones requeridas.

El plan de procesos, se realizó en base a los siguientes pasos:

- Primero, se analizan las características distintivas de las partes; características de la materia prima, en cuanto a su forma, propiedades físicas, químicas, eléctricas.
- Luego se analizan las características geométricas de la materia prima.
- Después se evaluaron, seleccionaron y se describieron los posibles procesos de transformación a producto terminado.

- Por ultimo, se estimaron tiempos y se propuso la secuencia de ensamble de las operaciones seleccionadas.

El material a utilizar en este diseño nuevo, será el cobre, este fue seleccionado por el diseñador del producto.

Algunas características principales del cobre son las siguientes (Degarmo 1997):

- Es un metal rojizo, blando, muy maleable y dúctil.
- Temperatura de fusión: 1,083 °C
- Temperatura de ebullición: 2,325 °C
- Excelente conductividad eléctrica y térmica.
- Buena ductilidad y maleabilidad.
- Buena resistencia a la corrosión.
- Densidad: 8.94 gr/cm<sup>3</sup>
- Presión: 285 x 10E5 Pascales.
- Temperatura de recristalización: 500 °F (260°C).
- Conductividad térmica (68 °F): 196 BTU/ft<sup>2</sup>/ft/hr/°F
- Calor específico (20 °C): 0.092 Cal/gr/°C

Cabe mencionar que para tres piezas se utilizará como materia prima, barras de cobre, debido a que de esta forma se tiene menos desperdicio y un menor costo de dicha materia prima, éste resultado se obtuvo en base a cálculos realizados inicialmente, después de evaluar con otras alternativas, tales como la solera y placa en estado bruto (Apéndice B); para las otras tres piezas se utilizan tubos comerciales, como materia prima.

En el caso del tubo interno y externo, estos serán de cobre temple rígido, tipo M (seleccionado también por el diseñador), los cuáles tendrán las siguientes características principales (Nacobre 2005):

- Tubos fabricados sin costura
- Continuidad de flujo por su pared lisa.
- Resistencia a las presiones internas de trabajo.

- Alta resistencia a la corrosión.
- Fácil de unir.

Para lo anterior, fue necesario tener y hacer cada uno de las piezas requeridas, en su estado terminado, es decir, en planos de referencia (ver Apéndice C). Con la utilización del paquete AutoCAD, se dibujó cada parte que se necesitaba para llegar al diseño del nuevo producto. Estas partes fueron dibujadas según las especificaciones (dimensiones, tolerancias, forma, tamaño) requeridas.

Para esta parte, también fue necesario desarrollar una tabla, donde se resumió las características distintivas de las piezas a dibujar. Esta tabla se utilizó como base para proponer y seleccionar las operaciones requeridas para la transformación de la M.P.

En base a las características geométricas requeridas por las piezas que componen el calentador, se seleccionó como materia prima (Apéndice B), barra de cobre para manufacturar las tapas, y lógicamente tubos comerciales para el caso de los tres tubos requeridos, uno flexible y dos rígidos.

Con respecto a la secuencia de todas las operaciones en las distintas piezas o partes, *Curtis (1996)* afirma que todas las operaciones coinciden en normas o secuencias de procesamiento tradicionales. Esto significa que la mayoría de los procesos de producción conocidos van precedidos por otros procesos preparatorios, es decir, en muchas ocasiones todas las operaciones llevan un secuencia lógica, cuando son de alguna manera comunes dichas operaciones, como lo es en este caso; por otro lado, todas las operaciones seleccionadas en este trabajo se guiaban de manera automática a su secuenciación para la fabricación de dicho producto.

Para la transformación de las barras de cobre, a las tapas del contenedor, se requería maquinar y producir en las tres tapas un corte seccional circular de 3 mm de profundidad a manera de anillo, pero todas con diferente diámetro, en donde embonaría los tubos respectivos; la tapa superior requería de una perforación de 9.53 mm de diámetro y 6 mm

de profundidad, concéntrico al corte circular, en donde se ensamblaría el tubo flexible, y también requería una perforación en el centro de la tapa de 41.275 mm de diámetro aproximadamente con una profundidad de 6 mm, que es la altura de la tapa (ver dibujo en Apéndice C).

Para realizar el barrenado donde se ensambla el tubo interior en la tapa superior, el corte circular y el corte final en las tres tapas (esto es por la forma de la materia prima, que es una barra de 6.10 m de longitud), se encontró que un torno podía llevar a cabo estas tres operaciones en una sola, entonces automáticamente las operaciones requeridas fueron seleccionadas, reduciendo costos y tiempos de operación. La máquina a seleccionar (torno), deberá cumplir con las especificaciones que las piezas requieran, deberá ser de costo relativamente bajo, con una aceptable tasa de producción, flexibilidad en sus aplicaciones, entre otras características, para evitar el aumento de los tiempos de operación, pues estas son las operaciones principales, por el costo probable de la máquina y por el número de veces a realizar cada operación, teniendo en cuenta que son tres, y se van a realizar a tres piezas del producto a fabricar.

Para hacer la perforación del diámetro menor, en el caso de la tapa superior, una vez terminado las tres operaciones anteriores de torneado, se seleccionó lógicamente una operación de *barrenado*, esta operación podrá ser con un taladro, o dependerá de los requerimientos de dimensiones y tolerancias de la pieza.

Se determinó que la siguiente operación sea el ensamble y/o la unión de las tapas con los tubos, para decidir esta operación se eligió el proceso de *soldadura*, debido a los requerimientos de diseño, pues se necesitaba una excelente hermeticidad.

El último proceso en el caso de las tapas, después de ser ensambladas a los tubos, es el acabado, por lo cual se requirió y optó por un proceso de *lijado*, con el fin de eliminar todas las rebabas dejadas por la operación anterior que es de soldado, esto es también para evitar comprar una maquinaria de costo mayor, pues no es una operación relativamente importante aunque si necesaria.

Para las operaciones de manufactura de los tubos, fue más sencilla la tarea y selección de dichas operaciones, gracias a la materia prima disponible, que cubre los diámetros requeridos; la primera operación fue el *corte*, según la longitud requerida de los tres tubos (apéndice, externo, e interno).

Finalmente se requería de una operación de acabado una vez cortados cada uno de los tubos, es decir, una operación de *quitar rebaba*, con la finalidad de que embonara y se ajustara correctamente a las tapas; los tres tubos se presentan en la Figura 4.2, después de ser manufacturados.

Por otra parte también se obtuvo un tiempo estimado por operación de cada una de las piezas manufacturadas, con la finalidad de estimar el tiempo general de fabricación del contenedor.

Para representar el ensamble de las piezas manufacturadas, se desarrolló la gráfica de ensamble (Figura 4.5) y la gráfica de operaciones del proceso (Figura 4.6), las cuáles permiten visualizar en forma global los ensambles de las partes y la secuencia de las operaciones de cada una de las piezas. La gráfica de ensamble es una representación muy general de ensamble y la de operaciones muestra más detalladamente la secuencia de los procesos, hasta llegar al producto final.

La figura 4.3, muestra la secuencia de ensamble del prototipo fabricado; primeramente se tomara la tapa del tubo externo con éste y se unirán, después la tapa del tubo interno con el tubo interno se ensamblara a la tapa superior, y finalmente se embonará el tubo apéndice flexible a la tapa superior.

En la figura 4.4, se presenta el producto final, es decir, después de ser ensambladas cada una de las piezas que lo componen.

Figura 4.1 : Piezas del contenedor



Figura 4.2 : Tubos del contenedor

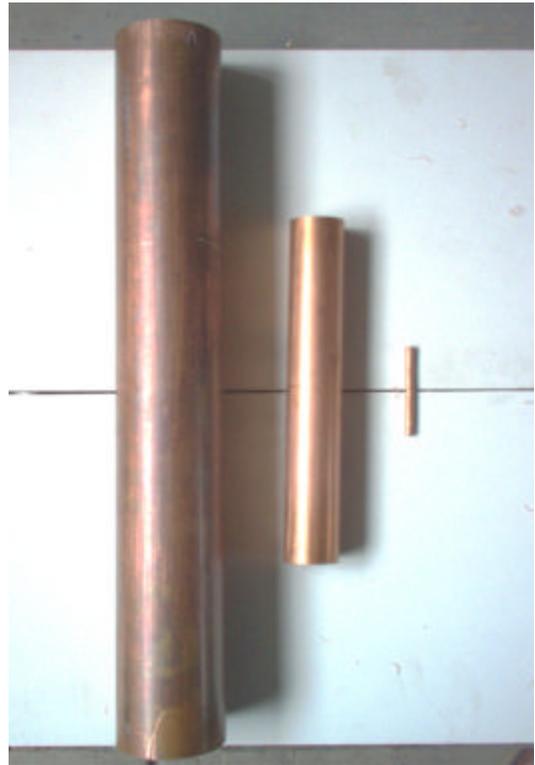


Figura 4.3 : Secuencia de ensamble



Figura 4.4 : Ensamble final



## 4.2 Resumen del plan de procesos para el contenedor de un termosifón Bifásico Anular

Los resultados que se presentan a continuación son el resultado de la aplicación de las técnicas descritas en el capítulo tres y se presentan de acuerdo al siguiente orden:

1. Tabla de análisis de las piezas de trabajo
2. Planos de referencia.
3. Lista de materiales.
4. Gráfica de ensamble.
5. Gráfica de operaciones.
6. Hojas de ruta.

### 1. Tabla de análisis de las piezas de trabajo

M.P.		MATERIAL	PIEZA EN BRUTO		NOMBRE DE LA PIEZA	PIEZA REQUERIDA	
			Dimensiones (mm)	Tolerancias (mm)		Dimensiones (mm)	Tolerancias (mm)
Tubo comercial		Cobre Tipo M	Fint= 38.785 Fext= 41.275 L = 6,010		Tubo interno	Fint= 38.785 Fext= 41.275 L = 300	
Tubo comercial		Cobre Tipo M	Fint= 66.675 Fext= 63.373 L = 6,010		Tubo externo	Fint= 66.675 Fext= 63.373 L = 600	
Tubo comercial		Cobre Flexible	Fint = 8.763 Fext= 9.525 L = 18.300		Tubo apéndice	Fint = 8.763 Fext= 9.525 L = 80	
Barra		Cobre	F = 41.275 L = 3,660		Tapa de tubo interno	Fint= 38.78 Fext= 41.275 h1 = 3.0 h2 = 3.0	
Barra		Cobre	F = 66.675 L = 3,660		Tapa de tubo externo	Fint= 66.675 Fext= 63.373 h1 = 3.0 h2 = 3.0	
Barra		Cobre	F = 66.675 L = 3,660		Tapa superior	Fint= 41.275 Fext= 66.675 h1 = 3.0 h2 = 3.0 Fbar= 9.525	

**Tabla 4.1:** Análisis de las piezas de trabajo

Para la presentación del análisis de las distintas piezas que componen el contenedor, se elaboró la tabla anterior (Tabla 4.1) con las especificaciones, dimensiones y tolerancias de la materia prima, y de las piezas requeridas que componen el nuevo diseño.

## *2. Planos de referencia*

Una vez especificadas las dimensiones de la materia prima y de las piezas a manufacturar, se procedió a realizar los planos de referencia o de especificaciones, que son la interpretación plasmada en papel de los requerimientos en dimensiones necesarias para las piezas manufacturadas. Los planos dibujados fueron siete, uno por cada pieza requerida, junto con el dibujo de ensamble; cada plano elaborado contiene los datos principales de la pieza dibujada, estos datos ya fueron citados en el capítulo anterior.

Las piezas dibujadas y presentadas en el Apéndice C, son las siguientes:

- 1) Tapa – Tubo Externo (CTBA-TTE-01)
- 2) Tubo Externo (CTBA-TE-02)
- 3) Tapa – Tubo Interno (CTBA-TTI-03)
- 4) Tubo Interno (CTBA-TI-04)
- 5) Tapa Superior (CTBA-TS-05)
- 6) Tubo Apéndice (CTBA-TA-06)
- 7) Dibujo de ensamble (CTBA-DE-07)

El orden y la presentación de las piezas dibujadas, hacen referencia al código establecido y a la secuencia del ensamble de cada una de ellas, hasta llegar al producto terminado, en este caso, del contenedor. La finalidad de presentar los dibujos, es la de saber realmente cómo es el producto y las piezas que lo componen, así como también saber cuáles son sus dimensiones, y cómo se unen cada una de esas partes para formar el producto final.

## *3. Lista de materiales*

La Lista de Materiales (Tabla 4.2), aquí presentada tiene como objetivo relacionar y presentar la cantidad de piezas y su peso requerido para manufacturar el producto las especificaciones; esta Lista de Materiales, es muy útil, junto con otras herramientas,

como es el caso de la hoja de itinerario (comúnmente conocida como hoja de ruta) para elaborar el plan de producción.

		<b>LISTA DE MATERIALES</b>				Elaboró: S.M.G
		Producto: Contenedor de un termosifón bifásico anular				
No de pza. en dibujo	Nombre de la pieza	Unidades requeridas	Descripción de material	Peso unitario (gr)	Costo unitario (Solo M.P.)	Proveedor
01	Tapa de Tubo Externo	1	Barra sólida de cobre	173		
02	Tubo externo	1	Tubo de cobre rígido Tipo M	2,250		
03	Tapa de Tubo Interno	1	Barra sólida de cobre	67		
04	Tubo interno	1	Tubo de cobre rígido Tipo M	518		
05	Tapa Superior	1	Barra sólida de cobre	140		
06	Tubo Apéndice	1	Tubo de cobre flexible	14		

**Tabla 4.2:** Lista de materiales

#### 4. Gráfica de ensamble

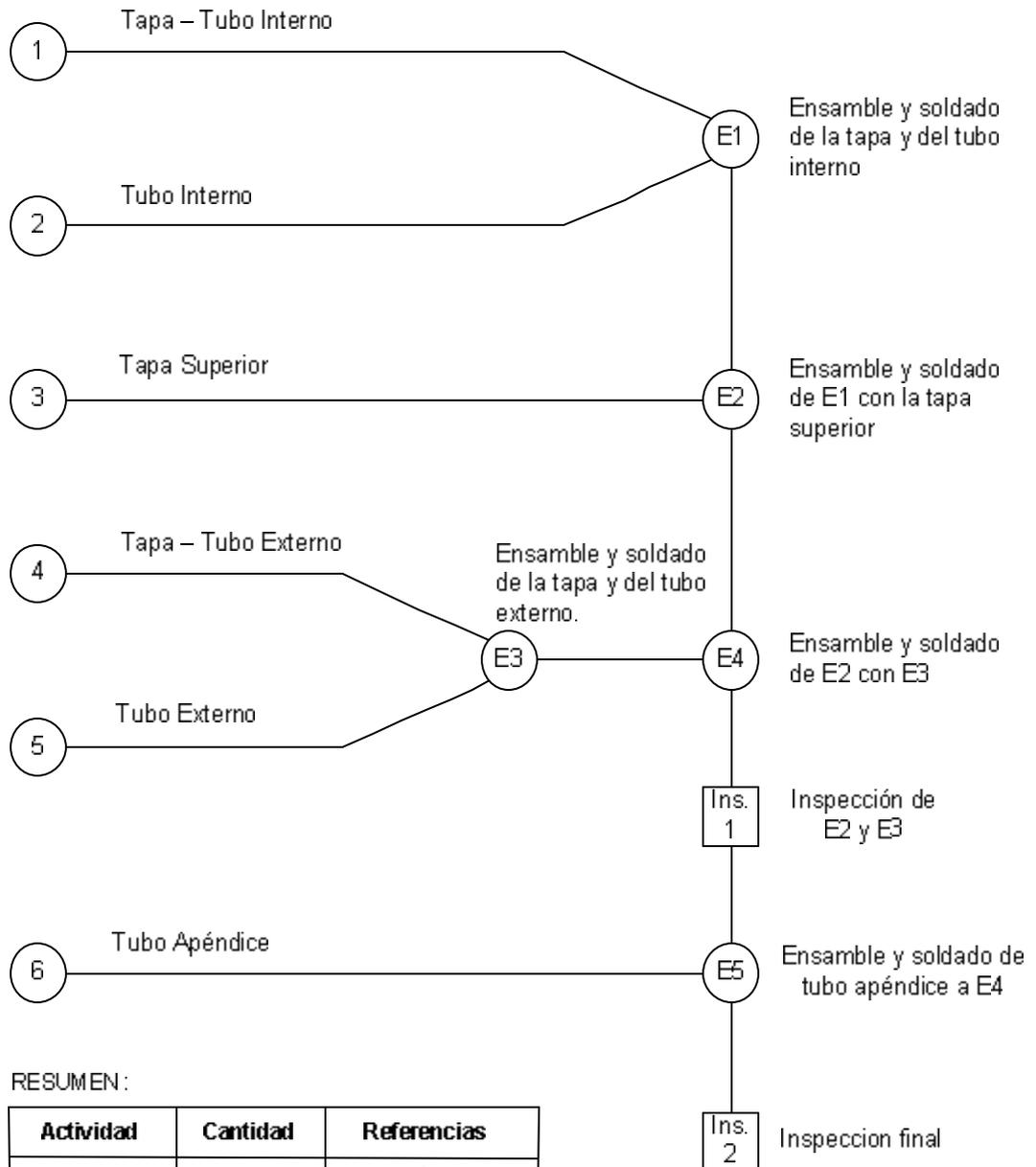
La gráfica de ensamble muestra una macrovista y de manera muy general el orden de concatenación de las piezas dibujadas y que componen el contenedor; la elaboración de ésta gráfica, fue realizada y comprobado a partir de la fabricación del prototipo.

Esta gráfica (Figura 4.5), ayuda a imaginar el flujo de materiales y las relaciones de cada una de las piezas del contenedor; muestra con claridad la secuencia de ensamble. En esencia ésta gráfica se considera como un modelo esquemático de todo el proceso de manufactura a un nivel de información y detalle del contenedor del termosifón.



## GRÁFICA DE ENSAMBLE

Producto: contenedor de un termosifón bifásico anular



RESUMEN:

Actividad	Cantidad	Referencias
Ensamblajes	5	Elaboró: S.M.G.
Inspecciones	2	Fecha: 02/Feb/'05

### *5. Gráfica del proceso de operación*

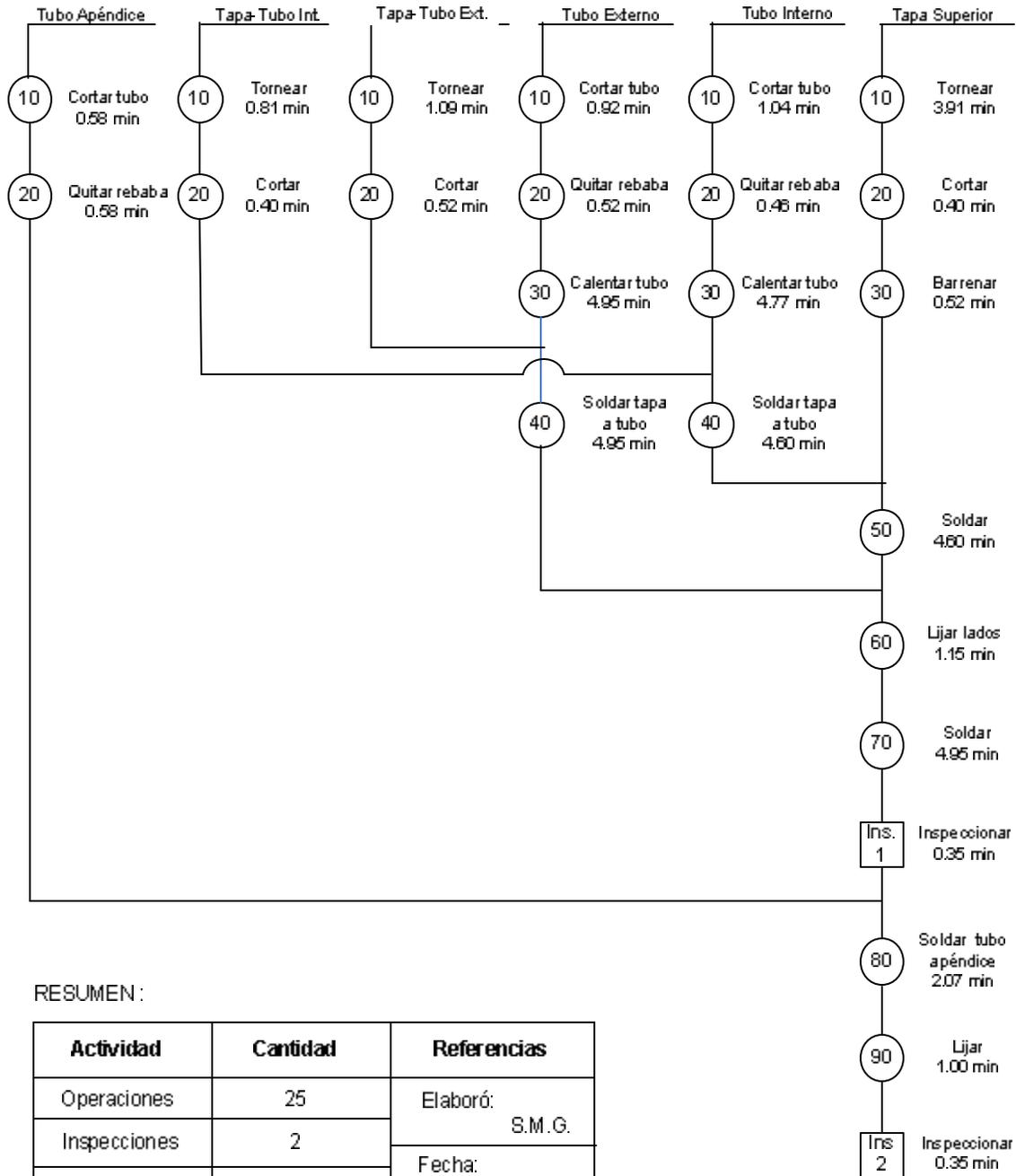
La grafica de operaciones muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales (nombre de piezas) a utilizar en un proceso de fabricación del contenedor.

Esta gráfica una vez elaborada, se procedió a compararla cuando se fabricó el prototipo del producto, con la finalidad de validar y evaluar la secuencias de las operaciones en cada una de las piezas manufacturadas; no se encontró diferencias significativas, pues en la mayoría de las operaciones fue lógica su secuencia, es decir, resulto ser casi idéntico la secuencia de manufactura y de ensamble de las piezas para tener el producto terminado. En el caso de los tiempos de producción, como ya fue explicado en el capítulo tres, se tomaron durante la fabricación del prototipo, contemplando los suplementos correspondientes, obteniéndose un tiempo estimado de operación por pieza. En conclusión, esta gráfica es un resumen de todas las operaciones e inspecciones que requiere el contenedor (Figura 4.6).



# GRÁFICA DEL PROCESO DE OPERACIÓN

Producto: contenedor de un termosifón bifásico anular



### 6. Hojas de ruta

Por último se desarrollaron seis hojas de ruta, todas correspondientes a las seis piezas analizadas y dibujadas. Cada una de estas hojas deben presentar información relevante y útil para quien lo requiera.

 <b>HOJA DE RUTA DE PRODUCCION</b>							
<b>Producto:</b> <u>Contenedor de un termosifón bifásico anular</u>			<b>Pieza:</b> <u>Tapa del Tubo Externo</u>			<b>Pieza No:</b> 01	
<b>Ensamble No:</b> <u>E3</u>			<b>Fecha:</b> -----			<b>Código:</b> CTBA-TTE-01	
<b>Material:</b> <u>Cobre, en barra</u>			<b>Hoja No:</b> 1 de 1			<b>Elaboró:</b> S.M.G.	
Operación		Máquina	Equipo Auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Torneado para formar el diámetro donde embonara el tubo externo	Torno horizontal		0,95	1,09		
20	Corte de la pieza, despues de la operación de torneado para despues soldarse con el tubo externo	Torno horizontal		0,45	0,52		

**Tabla 4.3:** Hoja de ruta de la Tapa del Tubo Externo

 <b>HOJA DE RUTA DE PRODUCCION</b>							
<b>Producto:</b> <u>Contenedor de un termosifón bifásico anular</u>			<b>Parte:</b> <u>Tubo Externo</u>			<b>Pieza No:</b> 02	
<b>Ensamble No:</b> <u>E1</u>			<b>Fecha:</b> -----			<b>Código:</b> CTBA-TE-02	
<b>Material:</b> <u>Cobre, tipo M</u>			<b>Hoja No:</b> 1 de 1			<b>Elaboró:</b> S.M.G.	
Operación		Máquina	Equipo Auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Corte del tubo a la medida requerida	Sierra cinta		0,80	0,92		
20	Remover la rebaba, debido al corte, con el esmeril	Esmeril		0,45	0,52		
30	Calentar el tubo para soldar la Tapa-Tubo externo	Soldadora		4,30	4,95		
40	Sueldar la Tapa-Tubo Ext. a este Tubo Externo	Soldadora		4,30	4,95		

**Tabla 4.4:** Hoja de ruta del Tubo Externo

 <b>HOJA DE RUTA DE PRODUCCION</b>							
<b>Producto:</b> <i>Contenedor de un termosifón bifásico anular</i>			<b>Pieza:</b> <i>Tapa del Tubo Interno</i>			<b>Pieza No:</b> <i>03</i>	
<b>Ensamble No:</b> <i>E1</i>			<b>Fecha:</b> -----			<b>Código:</b> <i>CTBA-TTI-03</i>	
<b>Material:</b> <i>Cobre, en barra</i>			<b>Hoja No:</b> <i>1 de 1</i>			<b>Elaboró:</b> <i>S.M.G.</i>	
Operación		Máquina	Equipo Auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Torneado para formar el diámetro interno requerido	Torno horizontal		0,70	0,81		
20	Corte de la pieza, después de formar el anillo, para después ser soldado al Tubo Int.	Torno horizontal		0,35	0,40		

**Tabla 4.5:** Hoja de ruta de la Tapa del Tubo Interno

 <b>HOJA DE RUTA DE PRODUCCION</b>							
<b>Producto:</b> <i>Contenedor de un termosifón bifásico anular</i>			<b>Parte:</b> <i>Tubo Interno</i>			<b>Pieza No:</b> <i>04</i>	
<b>Ensamble No:</b> <i>E1</i>			<b>Fecha:</b> -----			<b>Código:</b> <i>CTBA-TI-04</i>	
<b>Material:</b> <i>Cobre, tipo M</i>			<b>Hoja No:</b> <i>1 de 1</i>			<b>Elaboró:</b> <i>S.M.G.</i>	
Operación		Máquina	Equipo Auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Corte del tubo, según la medida requerida	Sierra cinta		0,90	1,04		
20	Remover la rebaba, que queda por el corte.	Esmeril		0,40	0,46		
30	Calentar el tubo para soldar las dos tapas, una en cada extremo del tubo.	Soldadora		4,15	4,77		
40	Soldar la Tapa-Tubo Interno a un extremo de este Tubo Interno	Soldadora		4,00	4,60		

**Tabla 4.6:** Hoja de ruta del Tubo Interno



## HOJA DE RUTA DE PRODUCCION

**Producto:** *Contenedor de un termosifón bifásico anular*

**Pieza:** *Tapa Superior*

**Pieza No:** *05*

**Ensamble No:** *E2*

**Fecha:** -----

**Código:** *CTBA-TS-05*

**Material:** *Cobre, en barra*

**Hoja No:** *1 de 1*

**Elaboró:** *S.M.G.*

Operación		Máquina	Equipo auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Torneado para formar el escalon y el barreno donde embonará el tubo interno	Torno Horizontal		3,40	3,91		
20	Corte de la pieza, una vez maquinada	Torno horizontal		0,35	0,40		
30	Hacer barreno, en donde se colocará el tubo apéndice	Taladro de banco		0,45	0,52		
50	Emsamblar y soldar esta tapa al tubo interno, por el lado contrario a la tapa-tubo interno, y en donde embonará el tubo apéndice	Soldadora		4,00	4,60		
60	Lijar los extremos soldados para eliminar la rebaba	Esmeril		1,00	1,15		
70	Ensamblar y soldar esta tapa a tubo externo por el lado del barreno	Soldadora		4,30	4,95		
Ins. 1	Primera Inspección			0,30	0,35		
80	Soldar el tubo apéndice, a la tapa superior	Soldadora		1,80	2,07		
90	Lijar las rebabas de la soldadura en los dos extremos y donde se unio el tubo apéndice	Esmeril		0,85	1,00		
Ins. 2	Inspección final			0,30	0,35		

**Tabla 4.7:** Hoja de ruta de la Tapa Superior



## HOJA DE RUTA DE PRODUCCION

<b>Producto:</b> <i>Contenedor de un termosifón bifásico anular</i>		<b>Parte:</b> <i>Tubo Apéndice</i>		<b>Pieza No:</b> 06			
<b>Ensamble No:</b> E5		<b>Fecha:</b> -----		<b>Código:</b> CTBA-TA-06			
<b>Material:</b> <i>Cobre, flexible</i>		<b>Hoja No:</b> 1 de 1		<b>Elaboró:</b> S.M.G.			
Operación		Máquina	Equipo Auxiliar	Tiempos de operación		M.O. \$	Tpo. de preparación (min)
No	Descripción			T.O. (min)	T.E. (min)		
10	Corte del rollo a la medida requerida	Sierra cinta		0,50	0,58		
20	Eliminar rebaba del tubo	Esmeril		0,50	0,58		

**Tabla 4.8 :** Hoja de ruta del Tubo apéndice

Las tablas, gráficas y hojas de ruta presentadas, fueron elaboradas según los estándares establecidos. Debido a las delimitaciones de la tesis (así como también limitaciones económicas y de tiempo), algunas tablas se llenaron solo parcialmente, las cuales pueden ser complementadas una vez que se recabe la información pertinente, de otros trabajos de investigación en desarrollo.

En resumen, éste capítulo presentó el plan de procesos para la fabricación del contenedor de un termosifón bifásico anular, tomando en cuenta los requerimientos de diseño y apoyándose del análisis y revisión de la literatura durante el desarrollo de la tesis. Este plan de proceso se delimitó a los objetivos, que fueron descritos en el capítulo uno.

## 5.0 CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones acerca del problema de investigación; de la metodología usada para llevar a cabo este proyecto; las conclusiones acerca de los objetivos del proyecto y sobre la teoría de PP. Finalmente, las implicaciones en las PyMEs y para trabajos futuros.

El problema *“Análisis de las piezas, selección y planeación de las operaciones, su secuencia, y tiempo de fabricación del contenedor de un termosifón bifásico anular”*, fue resuelto, porque se ha presentado un plan de procesos: operaciones, secuencias y tiempos, para la fabricación del contenedor, el cuál fue descrito en el capítulo cuatro. Posiblemente no sea la única solución, ni las únicas herramientas utilizadas y establecidas para la planeación de procesos, pero en base a los objetivos y delimitaciones establecidos en el capítulo uno, se puede afirmar que es una solución viable técnicamente.

Las operaciones, sus secuencias, y los tiempos de fabricación del contenedor que fueron desarrollados y que se presentan en esta tesis indican cómo fabricar este producto, que es un diseño nuevo, cómo ensamblar y qué tiempo tomará manufacturar este producto, desde el análisis de la M.P hasta obtener el contenedor.

La metodología que fue utilizada siguió una secuencia lógica para el análisis y desarrollo del plan de procesos: análisis, operaciones, secuencias y tiempos de fabricación, propuesto en esta tesis. Esta metodología y las técnicas y métodos empleados fueron descritos en detalle en el capítulo tres. Se desarrollaron todas las actividades de acuerdo a lo establecido, desde la identificación y comprensión del problema, revisión de la literatura, hasta la selección y aplicación de algunas de las técnicas y métodos que luego fueron usados para la planeación de procesos; después se prosiguió a la evaluación y comparación de los resultados obtenidos, básicamente de la secuencia de ensamble y de operaciones, durante la fabricación del prototipo con respecto a los propuestos;

solamente el T.E.O no fue propuesto sino que fue tomado según el tiempo tardado durante cada operación de fabricación del prototipo; una vez terminadas todas las actividades anteriores se llegó a una propuesta concreta.

El objetivo de desarrollar un plan de procesos adecuado para la manufactura del contenedor de un termosifón bifásico anular, utilizando las herramientas adecuadas, se logró, debido a que se presentaron las operaciones y sus secuencias en el capítulo cuatro. También se presentaron los tiempos de fabricación por operación de cada una de las piezas analizadas, que componen el contenedor, estos tiempos fueron tomados durante la fabricación de un prototipo del contenedor, considerando la maquinaria adecuada según las operaciones seleccionadas, y contemplando la demanda probable de venta.

Con respecto a la teoría de la planeación de procesos revisada durante este trabajo de investigación, se concluye, que a pesar de que en la mayoría de los escritos, libros y referencias revisadas durante el desarrollo del trabajo no se encontró suficiente información acerca de la PP, se puede afirmar que se logró un entendimiento de la filosofía y característica de la PP, así como de sus técnicas y métodos. El libro que de alguna manera profundiza más sobre el tema es el que describe Curtis (1996), muchos otros solo abarcan este tema en forma breve y somera. Aun con estos inconvenientes, se encontró información relevante acerca de las características de las herramientas necesarias y utilizadas en la planeación de procesos, y por lo tanto, para que se llegara a una propuesta de solución del problema planteado en este trabajo, pues con estas herramientas se pudo analizar las partes a fabricar y proponer una secuencia de ensamble de los mismos, en base a las operaciones y requerimientos de diseño.

Es necesario comentar que probablemente falten otros diagramas, gráficas y tablas con las cuales se apoya la PP, con la finalidad de tener toda la información necesaria y requerida por el ingeniero o el departamento que lo utilice, en el caso de una empresa, pero debido a las limitaciones en este trabajo de investigación no se desarrollaron.

La PP, se puede catalogar como una herramienta, relativamente fácil de usar, si se tiene un poco de experiencia y gusto por el área; pues básicamente se necesitaría conocer bien todo lo relacionado a las características de la variedad de procesos comunes que se tienen, y la maquinaria existente en el mercado; la utilización y aplicación de las herramientas que se utilizan es basarse principalmente en los estándares ya establecidos y comprobados de su efectividad. El tiempo de su implementación y desarrollo, dependerá del especialista, de su experiencia y del conocimiento que tenga de los procesos.

La PP, sería de mucha utilidad si en todas las PyMEs se pusiera en práctica, pues en muchas ocasiones la capacidad de una organización para aumentar o conservar su poder competitivo y lograr tasas altas de crecimiento depende en gran parte de la planeación de sus actividades y procesos, de sus programas de nuevos productos y de la adopción de nuevas estrategias para la fabricación de sus productos. Desafortunadamente en muchas empresas, no utilizan herramientas como éstas que posiblemente les permita reducir costos innecesarios, como son los costos de mano de obra, costos de producción y también la reducción de tiempos de operación.

El costo total de un producto incluye varios elementos, como costo de materiales, de herramientas, del capital, de mano de obra y de gastos indirectos. Si se realiza una PP en las PyMEs, con cierta anticipación posiblemente se podría reducir el costo de muchos de estos materiales mediante una selección cuidadosa de los mismos; también es el caso de la selección de las operaciones, y de la elaboración de las distintas gráficas y tablas en las que se auxilia la PP, para su desarrollo y para su implementación.

La PP, es una técnica utilizada en las industrias para tratar de aminorar problemas de costos, y tiempos de producción; haciendo lo posible por eliminar, seleccionar o eficientar algunas de las operaciones necesarias para producir un producto.

Se han establecido lineamientos para diseñar y que la fabricación de este producto sea lo más eficaz posible. Se debe de aclarar que la planeación realizada en este proyecto ha sido una planeación manual, por lo que requiere mayor tiempo de ejecución. Por lo que

se propone como trabajo futuro el desarrollar un sistema de computadora asistida a la planeación de procesos para este tipo de productos. Desde luego que la base para este trabajo futuro seria el plan presentado en este proyecto, y los resultados e información presentada por otros tesisistas relacionados con el desarrollo de este diseño.

Por otra parte, este trabajo de investigación, presenta en estos momentos las operaciones idóneas, los tiempos de producción, y la gráfica de ensamble y operación adecuadas pero para un numero pronosticado de productos a vender, sin embargo, es muy probable y lógico pensar que en un futuro se modifiquen o reestructuren algunas de estas gráficas propuestas para ser adecuadas a una secuencia acorde a nuevas especificaciones, requerimientos o aumento de volumen de producción, utilizando maquinaria que realice dos o tres operaciones en una, quizás con la misma secuencia de las operaciones pero con diferente tiempo de manufactura.

Pero la recomendación más inmediata es la implementación del plan que se propone en esta tesis, ajustando los datos proporcionados como sea necesario.

## GLOSARIO

La mayoría de las definiciones presentadas a continuación, fueron recopiladas del libro de *Ingeniería Industrial* (Niebel 2001), hubo algunas excepciones como es el caso de Manufactura, que su definición tiene como fuente una página de Internet.

*Análisis de la operación:* Proceso de investigación sobre las operaciones. Es el proceso de lograr la estandarización de la operación, que incluye el estudio de tiempos y movimientos.

*Calificación del desempeño:* Asignación de un porcentaje al tiempo observado del operario, basado en el desempeño real del operario entre la producción estándar.

*Desempeño normal:* Desempeño esperado del operario promedio capacitado cuando sigue el método prescrito y trabaja a un paso promedio.

*Diagrama de proceso:* Representación gráfica de un proceso de manufactura.

*Diagrama de proceso de operación:* Representación gráfica de un operación que muestra todos los métodos, inspecciones, suplementos y materiales usados en un proceso de manufactura.

*Eficiencia:* Razón de la producción real entre la producción estándar.

*Ensamblar:* El acto de unir dos partes que van juntas.

*Estudio de métodos:* Análisis de una operación para incrementar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, reducir el costo unitario.

*Estudio de tiempos:* Procedimiento que usa un cronómetro para establecer estándares.

*Inspección:* La inspección sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad o cantidad de cualquiera de sus características.

*Manufactura:* La manufactura puede definirse de dos maneras: Tecnológica y Económica. Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados. Los procesos para realizar la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. La manufactura se realiza casi siempre como una sucesión de operaciones. Económicamente, la manufactura es la transformación de materiales en un artículo de

mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble. El punto clave es que la manufactura agrega valor al material original, cambiando su forma o propiedades o al combinarlo con otros materiales que han sido alterados en forma similar.

*Medición del trabajo:* Uno de varios procedimientos (estudio de tiempos, muestreo del trabajo y sistema de tiempos predeterminados) para establecer estándares.

*Operación:* Cambio intencional de una parte a su forma, tamaño y características deseadas. La operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o se desmonta de otro objeto, o cuando se arregla o prepara para otra operación, transportación, inspección o almacenaje.

*Operario normal:* Operario que puede lograr el estándar establecido de desempeño cuando sigue un método prescrito y trabaja a un paso promedio.

*Planear:* Movimiento básico que implica el proceso meta de determinar la siguiente acción.

*Planeación de procesos (PP):* Determinación del tipo y orden apropiados de las actividades u operaciones (procesos) necesarios para fabricar un producto conforme a las especificaciones de diseño.

*Proceso:* Serie de operaciones que avanza el producto hacia su tamaño forma y especificaciones finales.

*Producción:* Salida total de una maquina, proceso o trabajador en una unidad de tiempo específica.

*Producto:* Bien tangible que tiene un valor por su adquisición.

*Suplemento:* Tiempo que se agrega al tiempo normal para permitir demoras personales, inevitables y por fatiga.

*Tiempo estándar:* Valor en unidades de tiempo para una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado.

*Tiempo normal:* Tiempo requerido para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales y circunstancias inevitables.

## ABREVIATURAS

<b>Siglas</b>	<b>Definición</b>
CAPP	Computer Assisted Planeation Process Planeación de Procesos Asistida por Computadora.
CNC	Control Numérico Computarizado.
CTBA	Contenedor de un Termosifón Bifásico Anular.
DE	Dibujo de Ensamble
FC	Factor de Calificación.
HSLA	High strength low alloy Alta resistencia y baja aleación
MiPyMEs	Micros, Pequeñas y Medianas Empresas.
MP	Materia Prima.
MOST	(Maynard Operation Sequence Technique). Técnica Secuencial de Operaciones Maynard.
MTM	Methods Time Medition Métodos de Medición de Tiempos.
PP	Planeación de Procesos.
PyMEs	Pequeñas y Medianas Empresas.
OIT	Organización Internacional del Trabajo
TA	Tubo Apéndice
TE	Tubo Externo
TEO	Tiempo Estimado de Operación
TI	Tubo Interno
TO	Tiempo de Operación
TS	Tapa Superior
TTE	Tapa del Tubo Externo
TTI	Tapa del Tubo Interno
%Sup	Porcentaje de Suplementos

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

Apuntes, “*Introducción a la Ingeniería Industrial*”, 2000.

Ashley, S.: “*Rapid Prototyping Systems*”, en: Mechanical Engineering, April 1991, pp. 35-43.

Buffa, Elwood S.: *Administración y dirección técnica de la producción*, 4ª ed., Ed Limusa, 1978, pp 252-259, 266, 269

Burbidge, John: *Production planning*, 1ª ed., Ed. London, 1998, pp 176-178

Criollo, Garcia Roberto: *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos*, 2ª ed., Ed. McGraw-Hill, 1998, pp. 34, 37-39

Curtis Mark A.: *Planeación de procesos*, 1ª ed., Ed Limusa, 1996, pp. 1-2, 11, 23-24, 73-74, 81

Degarmo Paul: *Materials and processes in manufacturing*, 8ª ed, Ed. Prentice Hall, 1997, pp 168.

Doyle, Lawrence: *Procesos y materiales de manufactura para ingenieros*, 3ª ed., Ed Prentice Hall, 1998, pp 18

Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation.

Gaither, Norman: *Administración de producción y operaciones*, 8ª ed., Ed. Thomson, 2003, pp 137-138

Hodson, William: *Manual del ingeniero industrial “MAYNARD”*, 4ª ed., Ed. McGraw- Hill, Tomo 1, 1996, Secciones 3.3-3.6, 3.36, 4.3-4.4, 7.49-7.56.

[http://ww.nacobre.com.mx/Man\\_Cu\\_01%20Introducción%20y%20Tuberías%20Rígidas.sp](http://ww.nacobre.com.mx/Man_Cu_01%20Introducción%20y%20Tuberías%20Rígidas.sp), Fecha de acceso: 28/Noviembre/’04

<http://www.monografias.com/trabajos15/máquina-fresadora/máquina-fresadora.shtml>, Fecha de acceso: 02/Febrero/05.

<http://www.udo.mx/~gortega/manufactura.htm>, Fecha de acceso: 15/Marzo/05

Kalpakjian Serope: *Manufactura, ingeniería y tecnología*, 4ª ed., Ed Prentice Hall, 2002, pp 13, 1106, 1115, 1126.

Khurana, A., and Rosenthal, S.R.: “*Towards Holistic Front Ende in New Product Development*”, en: *Journal of Product Innovation Manaqement*, 1998, Vol. 15

Krick, Edgard V.: *Introducción a la ingeniería y al Diseño en la ingeniería*, 15ª ed., Ed. Limusa, 2001.

Krick, Edgard V.: *Ingeniería de métodos*, 12ª ed., Ed. Limusa, 1996, pp. 109-111

Martínez García, Enrique: “*Diplomado de productividad*”, Instituto Politécnico Nacional-UPICCSA, curso 2004, pp 6-13

Miller, David: *Ingeniería industrial e investigación de operaciones*, 1ª ed., Ed Limusa, 1992, pp 97, 101.

Monks, Joseph G.: *Administración de operaciones*, 1ª ed., Ed McGraw-Hill, 2003, pp 126-127.

Niebel, Benjamín: *Ingeniería industrial*, 10ª ed., Ed Alfaomega, 2001, pp 27-31, 58-60, 74, 345

Parker, A.: “*Engineering is not enough*”, en: *Manufacturing Engineering*, December 1997, pp. 267-271.

Riggs, James L.: *Sistemas de Producción*, 3ª ed., Ed. Limusa, 2003.

Scharer, Ulrich: *Ingeniería de manufactura*, 1ª ed., Ed. Continental, 1991. pp 50-51

Singh : *Computer-integrated design and manufacturing*, de: John Wiley and Sons, 1996, pp 158-165

Sule R., Dileep: *Instalaciones de manufactura*, Ed. Thomson, 2001, pp. 135-140

## APENDICE A

### ANÁLISIS DE LA DEMANDA.

La demanda para un determinado producto representa las diferentes cantidades que se pueden comprar a distintos precios a un tiempo determinado. Sin embargo la demanda para un bien o servicio depende de:

- a) Del precio del bien o servicio en cuestión.
- b) Del precio de los bienes sustitutos.
- c) Ingreso de los consumidores.
- d) Gustos y preferencias.

#### *Pronóstico de la demanda:*

Para pronosticar la demanda se realizó un estudio que consiste primero en analizar a los principales competidores

Los principales productores de calentadores de agua en México son:

- Cal-o-rex
- CINSA
- Magamex
- Otros.

#### Análisis de Cal-o-rex y CINSA:

Ambos pertenecen al grupo GIS (Grupo Industrial Saltillo), cuentan con una participación en el mercado del 60%, equivalente en pesos a \$711.84 mdp en 2003 como se puede observar en los siguientes datos:

Una de las divisiones de negocio de grupo gis es la división de productos para la construcción integrada de la siguiente manera:

	Participación en la división	Participación en el mercado
recubrimientos cerámicos	57%	22%
calentadores de agua	24%	60%
muebles para baño	<u>19%</u>	<u>18%</u>
	100%	100 %

La venta por la división de construcción a cifra de poder adquisitivo de 2003 es de (en millones de pesos):

	2001	2002	2003
Nacional	\$2,380	\$3,191	\$2,966
construcción			
Nacional			
Exportacion	\$384	\$435	\$605

Ventas por Division			
(Cifras en millones de pesos de poder adquisitivo de Dic. del 2003)			
	2001	2002	2003
Nacional			
Metal Mecánica	0	0	0
Construcción	3,280	3,191	2,966
Hogar	927	914	921
	<u>4,209</u>	<u>4,104</u>	<u>3,887</u>
Exportación			
Metal-Mecánica	2,726	2,702	2,461
Construcción	384	435	605
Hogar	96	79	76
	<u>3,205</u>	<u>3,217</u>	<u>3,141</u>

Lo que lo hace líder en el mercado y con un pronóstico de crecimiento de la demanda del 4% anual sostenido durante 3 años

*Análisis de magamex:*

Esta empresa cuenta con una participación del 12% del mercado, siendo éste un aproximado de: 142.3 mdp.

Según datos referentes de Grupo Guisa.

El resto de la competencia que es un 28%, lo integran empresas con baja participación en el mercado, cómo: Omega, Indagas, kelkoo entre otros.

Estos datos son a nivel nacional considerando factores macroeconómicos e internos los cuales ayudarán a este crecimiento tales como:

- a) La continuidad en los programas de construcción de vivienda apoyado por el gobierno federal.
- b) Construcción de vivienda de bajo presupuesto, el cual apoyará a la venta de productos de precios económicos.
- c) La deducibilidad fiscal de los intereses devengados por créditos hipotecarios.

Estos datos son en base al número de 3,665,000 viviendas del censo del INEGI del 2000, donde los estados de Oaxaca, Puebla, México y Distrito federal tienen una participación como se muestra el cuadro siguiente lo cual permite darnos una idea del mercado que puede consumir enseres domésticos.

El siguiente análisis se basa en calcular la proporción de participación de cada estado dentro del país para determinar la demanda en cuanto al número de viviendas, tomando en cuenta el servicio de agua entubada.

PROPUESTA 1.

	# de viviendas del 2000		% de viviendas con agua entubada	Mercado Potencial		Consumo anual
Estados Unidos Mexicanos	21,513,235		85,2	18,329,276,22		3,665,855,24
Oaxaca	738	3,43	66,4	490,089,77	2,67	98,017,95
Puebla	1,028,692	4,78	78,1	803,408,45	4,38	160,681,69
Tabasco	410	55,6	69,9	286,861,21	1,57	57,372,24
Quintana Roo	210	0,02	90,8	191	0	38
Yucatán	371	0,09	90,1	334	0	67
Chiapas	779	370,03	69,3	540	0	108
Guerrero	651	175,4	60,9	397	0	79
Veracruz	1,597,311	205,087	66,7	1,065,406,44	5,81	213,081
Total		8,21	Participacion en el r mercado		14,44	529,446

En base a este análisis podemos estimar que la participación de los estados citados anteriormente contribuye con un total de ventas aproximadamente de \$171.32 mdp anuales.

Tomando ahora una serie de costos unitarios promedio podemos observar que la demanda en unidades es de:

OPCION 1	Demanda en \$	Precio promedio	Unids anuales
171,32	171320000	1600	107.075,00
171,32	171320000	1800	95.177,78
171,320	171320000	2000	85.660,00
171,32	171320000	2200	77.872,73
171,32	171320000	2400	71.383,33
171,32	171320000	2600	65.892,31

PROPUESTA 2.

	# de viviendas del 2000		% de viviendas con agua entubada	Mercado Potencial		Consumo anual
Est. Unidos Mex.			85.2			
Distrito Federal	2,103,752	9.78	97.6	2,053,261	11.20	410,652
Mexico	2,743,144	12.75	90.7	2,488,031	13.57	497,606
Oaxaca	738,087	3.43	66.4	490,089	2.67	98.017
Puebla	1,028,692	<u>4.78</u>	78.1	803,408	<u>4.38</u>	<u>160,681</u>
Total		30.74			31.38	1,166,958

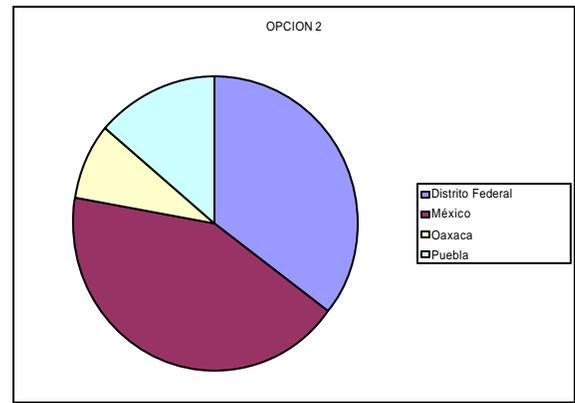
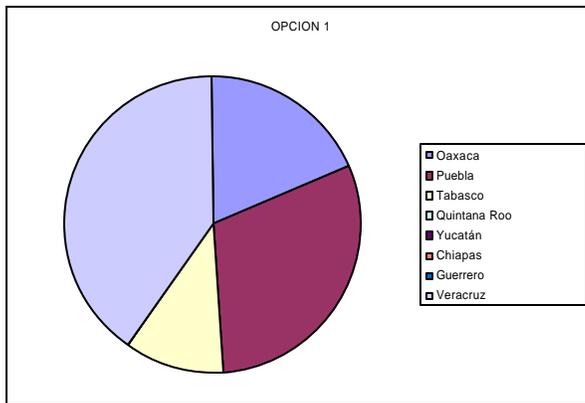
En base a este análisis podemos estimar que la participación de los estados citados anteriormente contribuye con un total de ventas aproximadamente de \$377.63 mdp anuales.

Tomando ahora una serie de costos unitarios promedio podemos observar que la demanda en unidades es de:

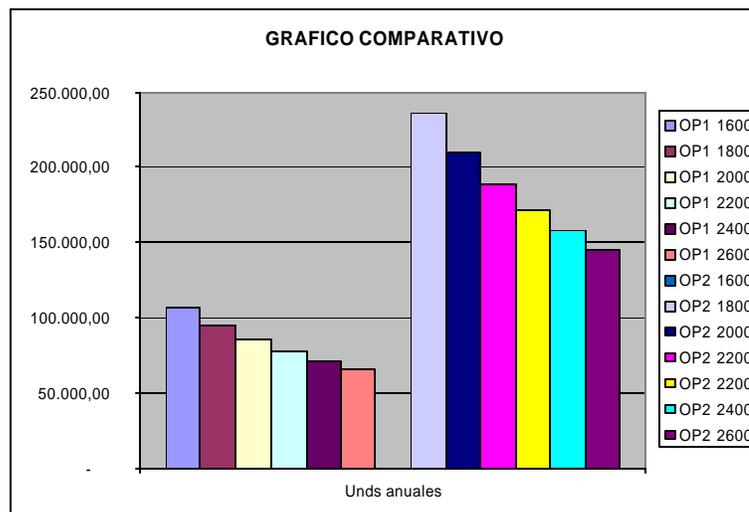
OPCION 2	Demanda en \$	Precio promedio	Uds. anuales
377,63	377630000	1600	236.018,75
377,63	377630000	1800	209.794,44
377,63	377630000	2000	188.815,00
377,63	377630000	2200	171.650,00
377,63	377630000	2400	157.345,83
377,63	377630000	2600	145.242,31

COMPARATIVO:

Analizando las dos propuestas podemos observar que en la primera opción se tiene una participación del mercado real del 14.44%, cifra que representa 529,445.55, a diferencia de la opción 2 que participa con un 31.83% lo cual representa 1,166,958.36; y la distribución por estado de ambas opciones es la siguiente:



Concluyendo de una manera comparativa mostramos la siguiente gráfica a los diferentes precios propuestos:



Se puede concluir, que el mercado probable en caso de implantarse una empresa para distribuirse en todos los estados pertenecientes a la opción dos, será del 5 % después de 5 años de producción continua; por lo tanto la demanda estimada será de 2,291 calentadores de agua de paso anuales.

Fuentes:

<http://www.gis.com.mx/sp/D-inversionistas/sp-D6.htm>

[http://emisnet.bmv.com.mx/informes/infanual\\_5437\\_2004.doc](http://emisnet.bmv.com.mx/informes/infanual_5437_2004.doc)

<http://www.inegi.gob.mx>

<http://www.conafovi.gob.mx>

Hernández, Abraham: *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Ed. Thomson

### *Tiempos Teóricos de fabricación*

Si se piensa en la implantación de una PyMEs. Se podría obtener un tiempo estimado de fabricación por pieza terminada (calentador), así como también la cantidad probable de mano de obra requerida.

<b>Datos</b>		
Demanda anual (Unid)	2291	
Dias laborados	250	Trabajando 5 dias a la semana y quitando 7 dias festivos estipulados por la ley, asi como otros dias, por feria regional, por dia de muertos, etc
unid/dia (2,291/250)	9,16	
unid/hr (9.16/8)	1,1455	
unid/hr (9.16/8x0.7)	1,64	Asumiendo tiempos muertos y trabajando al 70 % de eficiencia, solo en el caso de plantas nuevas.
hr/pieza	0,61	
min/pieza	36,67	En 36,67 minutos se debe terminar un calentador

En resumen, y como se puede observar, la tabla muestra que aproximadamente en 36.67 minutos se podrá fabricar un calentador; es lógico pensar que esto dependerá de otros factores como la maquinaria, la capacidad del operador para trabajar y para maniobrar, entre otros.

Con respecto al tiempo estimado obtenido en la práctica que fue de 41.88 min. por contenedor, se puede observar que aumenta unos minutos en la práctica, pero como ya se menciono anteriormente, esto es un prototipo fabricado con otra maquinaria, es decir, lógicamente que hay variaciones en los tiempos; pero esto es una base para un inicio.

## APENDICE B

### SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA (BARRA O SOLERA)

A continuación se presenta, los cálculos realizados para la selección de la materia prima (M.P), para manufacturar las tapas requeridas y con las respectivos requerimientos; esto con la finalidad de seleccionar la mejor opción. Inicialmente se tenía como alternativas posibles, la selección de barra de cobre, de solera o de placa; esta última se descarto, ya que no existía placa del grosor requerido.

Entonces las otras dos que quedaron se compararon, teniendo en cuenta principalmente el costo, y el desperdicio probable, calculado teóricamente.

<i>Medida Nominal</i>	<i>Diámetro Exterior</i>	<i>Diámetro Interior</i>
<i>Pulgadas</i>	<i>Pulgadas</i>	<i>Pulgadas</i>
<i>Milímetros</i>	<i>milímetros</i>	<i>milímetros</i>
1 1/2"	1.625"	1.527"
38 mm	41.275	38.785
2 1/2"	2.625"	2.495"
64 mm	66.675	63.373

"Productos de cobre y sus aleaciones. -Tubo de cobre sin costura para conducción de fluidos a presión - Especificaciones y Métodos de Prueba". (ASTM-B-88). [<http://www.nacobre.com.mx>].

**B A R R A:**

Diámetro de Tapa requerido (TTI):

$$F_{int} = 1.625'' = 38.78 \text{ mm}$$

$$F_{ext} = 1.527'' = 41.27 \text{ mm}$$

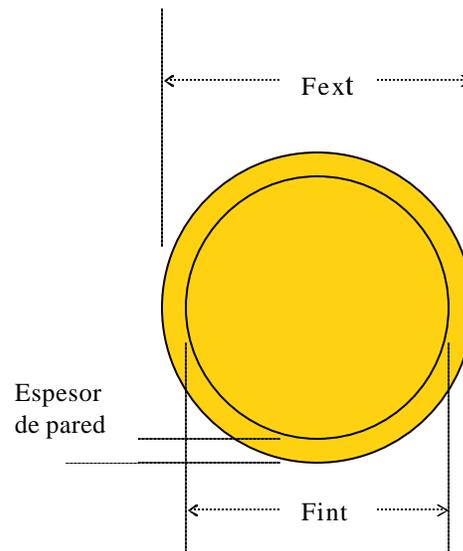
$$\text{Altura (h1)} = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Altura (h2)} = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Altura total} = 6\text{mm}$$

$$\text{Espesor de pared} = 1.245 \text{ mm}$$

$$\text{Formula: } V = \pi r^2 * \text{altura}$$



$$v1 = p (19.39)^2 (3) = 3,543.5 \text{ mm}^3$$

$$v2 = p (20.635)^2 (3) = 4,013.1 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{total}} = p (20.635)^2 (6) = 8,026.2 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{desp}} = V_{\text{total}} - (V1 + V2)$$

$$V_{\text{desp}} = 8,026.2 - (3,543 + 4,013) = 471.5 \text{ mm}^3$$

Costo de Barra = \$ 71.00 x Kg (comercial)  
 Longitud de barra = 3.66 m (comercial)

Piezas obtenidas en 3.66 m  
 Pzas = 3,660 cm / 6 cm = 610 piezas

Cantidad de Kg en 3.66 m  
 (8.89 g/cm<sup>3</sup>) (366 cm) = 7.854 kg

Costo de una barra de 3.66 m:  
 Cto = 7.854 kg x \$ 71 = \$ 557.634 pesos.

Costo de desperdicio: \$ 32.76 por barra.

Diámetro de Tapa requerido (TTE):

$$F_{\text{int}} = 2.495'' = 63.37 \text{ mm}$$

$$F_{\text{ext}} = 2.625'' = 66.67 \text{ mm}$$

Altura (h1) = 3 mm

Altura (h2) = 3 mm

Altura total = 6mm

Formula:  $V = pr^2 * \text{altura}$

$$v1 = p (31.685)^2 (3) = 9,461.9 \text{ mm}^3$$

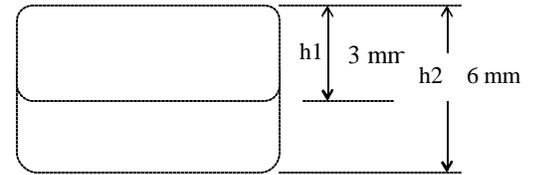
$$v2 = p (33.335)^2 (3) = 10,473.0 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{total}} = p (33.335)^2 (6) = 20,946.05 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{desp}} = V_{\text{total}} - (V1 + V2) = 841.1 \text{ mm}^3$$

Costo de Barra = \$ 71.00 x Kg (comercial)  
 Longitud de barra = 3.66 m (comercial)

Piezas obtenidas en 3.66 m



$$Pzas = 3,660 \text{ cm} / 6 \text{ cm} = 610 \text{ piezas}$$

Cantidad de Kg en 3.66 m  
 $(8.94 \text{ g/cm}^3) (366 \text{ cm}) = 8.052 \text{ kg}$

Costo de una barra de 3.66 m:  
 $Cto = 8.052 \text{ kg} \times \$ 71 = \$ 571.692 \text{ pesos.}$

Costo de desperdicio: \$ 22.96 por una barra

**S O L E R A :**

*Diámetro de Tapa requerido (TTI):*

$$F_{int} = 1.625'' = 38.78 \text{ mm}$$

$$F_{ext} = 1.527'' = 41.27 \text{ mm}$$

Formula:  $V = \pi r^2 h$

$$V_{circ} = 8,026.2 \text{ mm}^3$$

$$V_{desp} = 8,026.2 - 7,556.6 = 471.5 \text{ mm}^3$$

$$V_{cuad} = L \times L \times h$$

$$= 41.27 \times 41.27 \times 6 = 10,219.27 \text{ mm}^3$$

$$V_{desp} = 10,219.27 - 8,026.2 = 2,193.08 \text{ mm}^3$$

$$V_{total \text{ de desp}} = 471.5 + 2,193.08 = 2,664.58 \text{ mm}^3$$

$$\text{Costo de la Solera} = \$ 73.71 \times \text{Kg}$$

$$\text{Longitud de solera} = 3.66 \text{ m}$$

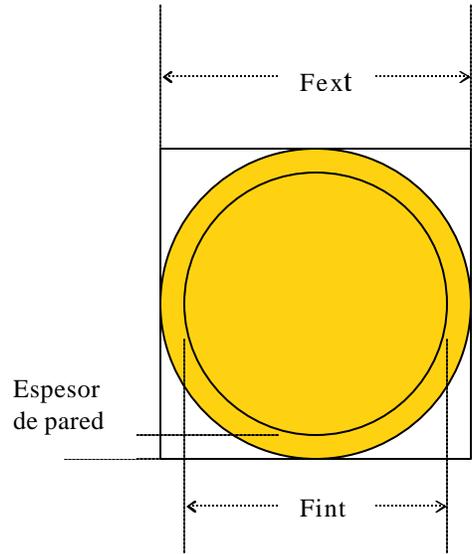
Piezas obtenidas en 3.66 m

$$Pzas = 3660 / 41.28 = 88.6$$

Cantidad de Kg en 3.66 m  
 $(3.3 \text{ kg/m}) (3.66 \text{ m}) = 12.078 \text{ kg}$

Costo de una barra de 3.66 m:  
 $Cto = 12.078 \text{ kg} \times \$ 73.71 = \$ 890.3$

Costo del desperdicio: \$ 232.14 en una solera



*Diámetro de Tapa requerido (TTE):*

$$F_{\text{int}} = 2.495'' = 63.37 \text{ mm}$$

$$F_{\text{ext}} = 2.625'' = 66.67 \text{ mm}$$

Formula:  $V = \pi r^2 h$

$$V_{\text{circ}} = 20,946.05 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{desp}} = 20,946.05 - 19,935 = 1,011.15 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{cuad}} = L \times L \times h$$

$$= 66.67 \times 66.67 \times 6 = 26,670 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{desp}} = 26,670 - 20,946.05 = 5,724 \text{ mm}^3$$

$$V_{\text{total desp}} = 1,011.15 + 5,724 = 6,735.15 \text{ mm}^3$$

Costo de la Solera = \$ 73.71 x Kg

Longitud = 3.66 m

Piezas obtenidas en 3.66 m

$$Pzas = 3660 / 53.975 = 67$$

Cantidad de Kg en 3.66 m

$$(4.9 \text{ kg/m}) (3.66 \text{ m}) = 17.934 \text{ kg}$$

Costo de una barra de 3.66 m:

$$Cto = 17.934 \text{ kg} \times \$ 73.71 = 1,322 \text{ pesos.}$$

Costo de desperdicio: \$ 334 aproximadamente en dinero de desperdicio

Materia prima	F	Piezas que se obtienen	Vtotal mm <sup>3</sup>	Costo Total \$	Vol. ocupado mm <sup>3</sup>	Costo x vol. Ocup.	Vol de Desperd. mm <sup>3</sup>	Costo x vol. de desper.
BARRA	1 ½ "	522	8,026.2	\$ 557.6	7,554.7	\$ 524.84	471.5	\$ 32.76
	2 ½ "	457	20,946.1	\$ 571.7	20,105	\$ 548.73	841.1	\$ 22.96
SOLERA	1 ½ "	88	10,219.2	\$ 890.3	7554.62	\$ 658.16	2,664.58	\$ 232,14
	2 ½ "	67	26,670.0	\$ 1,187	19,934.	\$ 853.00	6,735.15	\$ 334,00

En resumen, son cotizaciones de un solo proveedor, y son costos estimados. Pero lógicamente que la barra tiene menos desperdicio y su costo es menor que el de la solera. Entonces la materia prima adecuada para comprar es la barra.