



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



PRINCIPIOS DE INGENIERIA CONCURRENTE Y SU
IMPLEMENTACION EN UN PROYECTO PILOTO.

FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N :

MARTHA ELENA CAMACHO ORTEGA

ANA GABRIELA RODRIGUEZ PEREZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. GERMAN ROMAN CHAVARRIA

MEXICO, D. F.

JUNIO DE 1995



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**MARTHA ELENA CAMACHO ORTEGA
ANA GABRIELA RODRÍGUEZ PÉREZ**

**LE DAMOS LAS GRACIAS A NUESTRO DIRECTOR Y AMIGO EL
ING. GERMAN ROMÁN CHAVARRÍA POR HABERNOS TENIDO
PACIENCIA Y HABERNOS BRINDADO TODO SU APOYO EN LA
REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.**

**UN AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL AL ING. ARMANDO LUNA
SANTOS POR DARNOS SU AYUDA, APOYO Y AMISTAD.**

GRACIAS:

**A NUESTRA FACULTAD DE INGENIERÍA Y A NUESTRA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, POR HABER SIDO PARTE DE
NUESTRA FORMACIÓN.**

DOY MI AGRADECIMIENTO:

A MIS PADRES :

**Ma CRISTINA PEREZ Y GABRIEL RODRIGUEZ
POR BRINDARME TODO SU APOYO Y POR EL
GRAN ESFUERZO QUE HAN HECHO, EL CUAL
HOY RINDE FRUTOS AL ALCANZAR ESTA META**

A MI HERMANO:

**EDGAR POR APOYARME, Y POR QUE ESTAMOS
EN EL MISMO CAMINO, PARA LLEGAR A LA
SUPERACION.**

A MIS TIOS

**CATA, ALFREDO, RUBEN Y MARTHA
YA QUE SIEMPRE ME HAN DADO SU
APOYO, PARA SALIR ADELANTE**

A MARCO:

POR SIEMPRE CREER EN MI Y DARNIE
ANIMOS PARA ALCANZAR ESTA META
QUE TAMBIEN ES DE EL.

A MIS AMIGOS

GISELA, CHELA, MARCO Y VICTOR
YA QUE SIEMPRE ME HAN DADO
SU CONFIANZA Y AMISTAD.

A MI AMIGA PILAR

POR QUE ESTE ES UN LOGRO QUE QUIERO
COMPARTIR CON ELA, YA QUE SIEMPRE
ESTUVIMOS EN EL MISMO CAMINO Y
PENSAMOS ALCANZARLO JUNTAS

GRACIAS A TODAS LAS PERSONAS
QUE ME HAN APOYADO PARA
REALIZAR ESTE TRABAJO.

**A MI ABUELA ELENA Y
A MI PAPÁ (Q.P.D.)**

Por haberme legado todos sus valores y
por darme todo su amor, ya que sin esto
no hubiera podido llegar a ser lo que soy.

A MI MADRE

Por todo el amor y apoyo brindado
toda mi vida, por ser mi mejor amiga
y por ser la mejor.

A TODA MI FAMILIA

Por que gracias a su cariño, apoyo y
comprensión me han ayudado a seguir
adelante.

A ANABELL Y ANDREA

Por ser parte importante de mi vida
y estar conmigo en todo momento.

A RAÚL

Por todo el amor que me has brindado, y
por apoyarme en este logro que también
es el tuyo.

A todas las personas que en su
momento han llegado a ser parte
de mi vida, y que han contribuido en
gran forma para llegar a esta meta.

A TODOS

MIL GRACIAS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	vi
-------------------	----

CAPITULO 1

ANTECEDENTES.....	1
1.1 DEFINICIÓN DE DISEÑO.....	2
1.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO TRADICIONAL DE DISEÑO.....	2
1.2.1 ESPECIFICACIÓN DE LAS PARTES DE DISEÑO.....	2
1.2.2 PLANOS DE DISEÑO.....	3
1.2.3 DISEÑO DE INGENIERÍA.....	4
1.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE COMPUTADORAS.....	5
1.3.1 TOPOLOGÍA.....	6
1.3.1.1 Topología Jerárquica.....	7
1.3.1.2 Topología Horizontal.....	7
1.3.1.3 Topología en Estrella.....	8
1.3.1.4 Topología en Anillo.....	9
1.3.1.5 Topología de Malla.....	9
1.3.2 TIPOS DE REDES DE ACUERDO A SU EXTENSIÓN Y VELOCIDAD.....	10
1.3.2.1 Selección de una red.....	11
1.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE BASE DE DATOS.....	12
1.4.1 DEFINICIÓN.....	12

1.4.1.1 Datos.....	12
1.4.1.2 Hardware.....	12
1.4.1.4 Software.....	13
1.4.4.5 Usuarios.....	13
1.4.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE BASE DE DATOS.....	14
1.4.3 CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	16
1.5 ANTECEDENTES DE CAD.....	18
1.5.1 BREVE HISTORIA DEL CAD.....	18
1.5.2 LA ARQUITECTURA DE CAD.....	19
1.5.3 MODELADO DE OBJETOS.....	20
1.5.4 EL HARDWARE DE CAD.....	21
1.5.5 COMPONENTES DE ENTRADA Y SALIDA.....	22
1.5.6 EL SOFTWARE DE CAD.....	24
1.5.6.1 Dibujo en 2D.....	24
1.5.6.2 Diseño básico en 3D.....	25
1.5.6.3 Software de Superficies de Formas Libres.....	25
1.5.6.4 Modelado de sólidos en 3D.....	25
1.5.6.5 Análisis de Ingeniería.....	26
1.6 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA CONCURRENTE.....	26
1.6.1 CONDICIONES ACTUALES DE LA INGENIERÍA.....	26
1.6.2 INGENIERÍA CONCURRENTE.....	27
1.6.3 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA CONCURRENTE.....	28
CONCLUSIONES.....	29

CAPITULO 2	
MÉTODOS DE DISEÑO.....	30
2.1 INTRODUCCIÓN AL PROCESO	
TRADICIONAL DE DISEÑO.....	31
2.1.2 INGENIERÍA SECUENCIAL.....	37
2.2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA	
CONCURRENTE.....	39
2.3 INGENIERÍA CONCURRENTE.....	40
2.3.1. PROCEDIMIENTOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA	
INGENIERÍA CONCURRENTE.....	45
2.3.1.1.1 Diseño Axiomático.....	46
2.3.1.1.2 Normas del Diseño para Manufactura.....	47
2.3.1.1.3 Diseño Científico.....	48
2.3.1.1.4 Diseño Para Ensamble.....	49
2.3.1.1.5 Método Taguchi para el Diseño Robusto.....	51
2.3.1.1.6 Reglas del Proceso de Diseño de Manufactura.....	52
2.3.1.1.7 Diseño para Manufactura Asistido por Computadora.....	52
2.4 COMPARACIONES ENTRE LOS DIFERENTES	
MÉTODOS DE DISEÑO.....	52
CONCLUSIONES.....	54

CAPITULO 3

RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE..... 55

3.1 PREREQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	56
3.1.1 EVALUACIÓN DE APTITUDES DEL PERSONAL QUE INTERVIENE EN EL PROYECTO DE INGENIERÍA CONCURRENTE.....	56
3.1.1.1 Hacer cambios estratégicos.....	56
3.1.2 DIAGRAMA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....	62
3.1.3 EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL DISPONIBLE.....	63
3.1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS A LARGO PLAZO.....	64
3.2 REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	65
3.2.1 GRUPOS DE TRABAJO.....	65
3.2.1.1 Tres tipos de grupos de trabajo.....	66
3.2.2 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE.....	68
3.2.3 DISCIPLINAS INVOLUCRADAS.....	69
CONCLUSIONES.....	70

CAPITULO 4

DESARROLLO DE UN PROYECTO IMPLEMENTANDO LOS PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE..... 71

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	72
-----------------------------------	----

4.2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO	
DEL PROYECTO.....	73
4.2.1 ORGANIZACIÓN.....	73
4.2.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS UTILIZADOS.....	73
4.2.3 TÉCNICAS DE MODELADO EN 2D Y 3D.....	74
4.2.4 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO.....	76
4.2.5 ANÁLISIS DE ENSAMBLE.....	80
4.2.6 SIMULACIÓN DE MANUFACTURA.....	81
CONCLUSIONES.....	84

CAPITULO 5

CONCLUSIONES GENERALES.....	85
------------------------------------	-----------

5.1 CONCLUSIONES.....	86
-----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.....	88
--------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

Al presentar este trabajo se ha intentado ofrecer una nueva opción para los diseñadores o la gente encargada de algún proyecto relacionado con el desarrollo de un producto. Esta opción que ofrecemos es la **Ingeniería Concurrente**, y creemos que puede tener grandes ventajas con respecto al método actual de desarrollo de un producto, ya que también puede satisfacer las necesidades del usuario solo que a menor tiempo y a menor costo.

La presente tesis tiene como objetivos principales:

- Definir los principios de la Ingeniería Concurrente.
- Dar bases de la Ingeniería Concurrente en el proceso de desarrollo de un producto para un mayor desarrollo en el futuro.
- Definir las ventajas y desventajas que tiene la Ingeniería Concurrente con respecto al Proceso Tradicional.
- Desarrollar un proyecto piloto aplicando los principios de la Ingeniería Concurrente

Para poder entender el porqué y el cómo de la Ingeniería Concurrente, en el capítulo 1 presentamos brevemente los antecedentes con los que se deben de contar para poder desarrollar este método. Algunos de estos puntos son, por ejemplo el concepto de diseño, conceptos acerca de redes de computadoras y bases de datos, una breve descripción de lo que es CAD/CAM y por último el concepto de lo que es la Ingeniería Concurrente.

En el capítulo 2 se tratan los diferentes métodos de diseño, aquí se explican la Ingeniería Secuencial y la Ingeniería Concurrente, y se hace una comparación entre las dos. Aunque sólo se presentan dos métodos de diseño diferentes se puede hacer una comparación ya que consideramos que la Ingeniería Secuencial es el modo más representativo de los pasos que se siguen actualmente para el desarrollo de un producto. Por lo tanto no creemos que sea necesario mencionar ningún otro tipo de método.

En el capítulo 3 mencionamos todos los recursos que se necesitan para poder implementar la Ingeniería Concurrente. Estos recursos van desde los humanos hasta los tecnológicos. Como ejemplos podemos dar las aptitudes que debe de tener el personal que va intervenir en la Ingeniería Concurrente, la evaluación de la tecnología que se tenga disponible, las disciplinas que se ven involucradas, etc. Estos recursos son muy importantes para la implementación de la Ingeniería Concurrente ya que si no se toma en cuenta alguno de ellos, posiblemente no se logre llegar a la meta deseada conforme se había planeado, y por lo tanto no se estará cumpliendo con las reglas del método.

En el capítulo 4 tratamos de dar una semblanza de la aplicación de los principios de el método de Ingeniería Concurrente en un proyecto piloto. Aquí se van a ver las diferentes áreas que participan dentro del proyecto y las diferentes etapas del proyecto dentro de cada una de ellas. Así se va a poder observar con mayor amplitud el concepto de Ingeniería Concurrente y su aplicación con los ejemplos que se muestren para cada etapa del proyecto.

Con este trabajo se trata de dar una visión general de lo que es la Ingeniería Concurrente y la aplicación de sus principios en el proyecto desarrollado, dando pie a futuras investigaciones acerca del tema.

CAPITULO 1
ANTECEDENTES

1.1 DEFINICIÓN DE DISEÑO

Entre las definiciones de diseño podemos encontrar:

El **diseño** como actividad es el proceso de crear una especificación para la construcción de una parte o un sistema. El proceso envuelve síntesis, análisis y optimización.

El **diseño** como objeto es el resultado de una especificación o parámetro, e incluye geometría, topología, tolerancias, material y otros parámetros necesarios para fabricar la parte o el sistema. Además **diseño** es la fuente para todas las partes de información requeridas para ejecutar integralmente **CAD** (Computer Aided Design / Diseño Asistido por Computadora) / **CAM** (Computer Aided Manufacturing / Manufactura Asistida por Computadora).

1.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO TRADICIONAL DE DISEÑO

1.2.1 ESPECIFICACIÓN DE LAS PARTES DE DISEÑO

Antes de que un producto pueda ser fabricado, debe ser diseñado. El proceso de diseño consta cinco pasos básicos:

- 1.- Conceptualización del diseño.
- 2.- Síntesis del diseño.
- 3.- Análisis del diseño.
- 4.- Evaluación del diseño.
- 5.- Representación del diseño.

Basado en los requerimientos del producto (requerimientos funcionales), una solución (diseño) es conceptualizada. Normalmente este diseño contiene los elementos generales del producto, pero las necesidades de especificación lo detallan, la síntesis de cada uno de los pasos mencionados anteriormente adiciona más detalles al concepto inicial. De esta forma, la geometría ha sido definida y los parámetros de diseño y dimensiones son asignados al producto. Los pasos 1 y 2 dependen fuertemente de la creatividad del diseñador y sus conocimientos.

Durante los dos primeros pasos, muchas ideas se forman en la mente del diseñador, y cuando el diseño comienza a tomar una forma más definida, frecuentemente se usa un bosquejo para ayudar a clarificar la idea. Cuando la tarea de diseño es llevada a cabo por un grupo de gente, se deben de utilizar trazos más comprensible para dar forma a la idea.

El diseño es entonces analizado y evaluado pudiéndose identificar eventualmente la mejor alternativa. Antes de que el diseño sea liberado para la manufactura, se ejecuta el detalle del mismo, el cual incluye la selección de los componentes estándares, la determinación de las dimensiones y las tolerancias; y la determinación de notas especiales de manufactura. Entonces el plano final es realizado. Los pasos de representación del diseño incluyen el bosquejo inicial y el diseño a nivel detalle .

Para que la parte sea fabricada correctamente, debe ser recibida una representación detallada con información pertinente para la fabricación (planos de diseño) antes de que cualquier actividad de fabricación pueda comenzar.

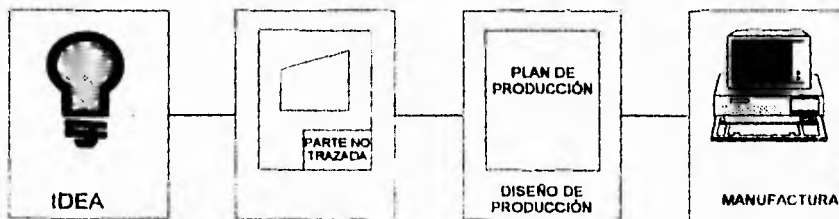


Fig. 1.1 Evolución de un producto

1.2.2 PLANOS DE DISEÑO

El dibujo es un lenguaje universal que puede utilizarse para representar una idea de un grupo de diseñadores a otro, es el medio más aceptado de comunicación en todas las fases del trabajo industrial. En tiempos atrás, antes de que los estándares de dibujo de multivistas fueran adoptados, los dibujos en perspectiva eran normalmente empleados. El gran maestro del arte en el renacimiento, Leonardo Da Vinci, diseñó varias máquinas y componentes mecánicos usando dibujo en perspectiva. Para los dibujos pictóricos se sigue usando la perspectiva, para suplir otra representación de diseño.

En la industria de manufactura el estándar sigue siendo el plano multivistas que usualmente contiene 3 vistas (enfrente, abajo y a un lado), cada vista es una proyección ortogonal de un plano.

1.2.3 DISEÑO DE INGENIERÍA

El diseño de ingeniería es una realización parcial de un concepto del diseñador. El diseñador normalmente no puede transformar directamente el concepto a un prototipo físico. Más bien el diseñador comparte la idea con otros a través de un medio alternativo, tal como un dibujo de ingeniería, y después el ingeniero de manufactura o el operador produce el diseño. Conforme los diseños y requerimientos de un producto llegan a ser más complejos, se requiere de un plano para pasar la información a otros. Las multivistas ortogonales han sido tradicionalmente adoptadas por los ingenieros como una herramienta estándar para representar un diseño.

La capacidad de transformar un objeto de un medio a otro (ej. desde 2a. dimensión a 3a. dimensión.) y el conocimiento de las reglas de dibujo son requisitos para pasar la información de diseño desde un diseñador a otro sin errores. Así el objeto de un dibujo sobre papel puede ser interpretado y reconstruido en forma imaginaria.

Hay varios métodos viables para representar un dibujo de ingeniería. El método convencional es el de dibujar sobre papel con pluma o lápiz. El dibujo manual es tedioso y requiere de una gran paciencia y tiempo. Recientemente los sistemas **CAD** han sido implementados para mejorar la eficiencia en el dibujo. El principal objetivo de estos sistemas es ayudar al dibujante a que su trabajo sea más fácil y menos cansado. Los dibujos parciales o totalmente completos capturados desde una pantalla pueden ser almacenados en una computadora y recuperados cuando se necesiten.

La mayoría de los sistemas **CAD** almacenan modelos en una representación de 3 dimensiones: puntos (vértices), líneas y curvas son representados en el espacio tridimensional x, y, z .

Cuando un dibujo es manipulado, una serie de cambios son ejecutadas sobre los datos lo que permite que el dibujo pueda ser presentado tanto en 2a. dimensión o en vistas seccionales. El resultado del dibujo puede ser entonces representado físicamente usando un graficador o simplemente desplegado sobre un monitor, así que las representaciones internas pueden ser usadas no solamente para dibujos de diseño, sino también para análisis de ingeniería, (como por ej. análisis de elemento finito).

El término "Modelado geométrico" en **CAD** ha llegado a ser común; el modelado geométrico es una técnica que permite obtener la compatibilidad necesaria en la descripción de la geometría de una parte, los sistemas convencionales de **CAD** son modelos geométricos que son usados para modelos en 3a. dimensión. Los avances recientes en **CAD** se han enfocado sobre el desarrollo de modelos de figuras ligadas para representaciones en 3a. dimensión. En estos modelos de figuras ligadas las superficies individuales son estructuradas juntas para definir la cubierta o parte completa.

1.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE REDES DE COMPUTADORAS

Las computadoras y las redes han producido en nuestra sociedad un impacto de enormes consecuencias. El modelo de tener una sola computadora para satisfacer todas las necesidades de una organización esta siendo sustituido rápidamente por otro sistema que se conoce como redes de computadoras.

Una red de computadoras es un grupo de dos o más computadoras (y terminales en general) interconectados a través de uno o varios medios de transmisión; la mayoría de las veces este medio de transmisión es la línea telefónica, debido a su fácil acceso, o cables especialmente colocados para este fin.

Por lo tanto el objetivo de una red de computadoras consiste en hacer que todos los programas, datos y equipos estén disponibles para que los usuarios, puedan transferir e intercambiar datos entre computadoras y terminales sin importar la localización física del recurso y del usuario.

Anteriormente cada fabricante de computadoras tenía su propia forma de configurar una red y en ningún caso existía la compatibilidad. Hoy en día virtualmente, la totalidad de la industria informática ha acordado una serie de normas internacionales para describir las arquitecturas de redes. Estas normas se conocen como el Modelo de Referencia **ISO o ISA** (Interconexión de Sistemas Abiertos). En un futuro próximo, la mayoría de las arquitecturas de red desaparecerán, y las computadoras de un fabricante tendrán la capacidad de comunicarse sin mayor esfuerzo con los de cualquier otro fabricante, estimulando así el uso de redes de computadoras.

La red proporciona comunicaciones lógicas y físicas entre computadoras y terminales conectadas a ella. Así mismo un equipo de comunicación de datos conecta los equipos terminales a la línea de comunicaciones, o sea, sirve de interfaz entre el equipo y la red de comunicaciones.

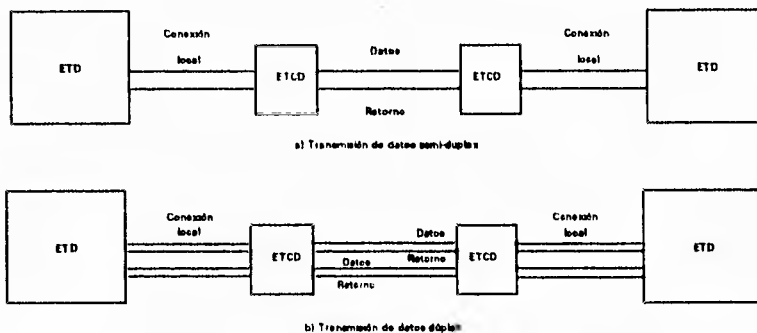
Las interfaces se especifican y establecen mediante protocolos, estos son acuerdos acerca de la forma en que se comunican entre si las terminales y los dispositivos de comunicaciones, y a su vez dirigen el diseño del software y hardware, definiendo las especificaciones lógicas, eléctricas y físicas de una red. Para que los dispositivos de una red se puedan comunicar entre sí deben seguir el mismo protocolo. Cuando se envía un mensaje a través de la red, el transmisor y el receptor deben tener las mismas características. El mensaje debe ser correctamente enviado y una verificación de errores debe ser ejecutada para asegurar que la información sea correcta.

Los equipos terminales y los dispositivos de comunicaciones intercambian tráfico siguiendo alguno de los siguientes sistemas:

SIMPLEX: La transmisión es en un solo sentido.

SEMI_DUPLEX: La transmisión en ambos sentidos, pero solo uno a la vez (también recibe el nombre de bidireccional alternada).

FULL_DUPLEX(DUPLEX): La transmisión se hace en ambos sentidos al mismo tiempo (recibe el nombre de bidireccional simultánea).



ETD = Equipo Terminal de Datos ETCD = Equipo Terminal de Control de Datos

Fig. 1.2 Sistemas de transmisión

Todo este proceso en las redes de comunicaciones no podría hacerse sin la participación de un elemento que es el ruteador cuya función principal es la de encaminar el tráfico de los datos del usuario hasta su destino final a través de la red evitando los dispositivos y canales ocupados o fuera de servicio, también puede dirigir los datos hacia su destino final a través de componentes intermedios que pueden ser a su vez otros equipos.

1.3.1 TOPOLOGÍA

La topología es la forma física en la que esta conectada la red. Al establecer la topología de una red el diseñador debe enfocarse a tres objetivos principales:

- Proporcionar la máxima seguridad posible para garantizar la recepción correcta de todo el tráfico de datos.
- Encaminar el tráfico de datos entre el transmisor y receptor a través del camino más adecuado para cada actividad dentro de la red.
- Proporcionar al usuario final un tiempo de respuesta óptimo y la máxima cantidad de datos que se puedan transmitir en un determinado período de tiempo.

Las topologías más comunes son las siguientes:

1.3.1.1 Topología jerárquica (árbol)

Se conocen también como redes verticales o en árbol. La palabra árbol alude al hecho de que su estructura se parece bastante a un árbol cuyas ramas van abriéndose desde el nivel superior hasta el más bajo. Las ventajas y desventajas de una red vertical son más o menos las mismas que las de una empresa estructurada jerárquicamente: Líneas de autoridad muy claras con un tráfico de datos denso. El software que controla la red es relativamente simple y la topología proporciona un punto de concentración de las tareas de control y de resolución.

Por lo general el ruteador situado en el nivel más elevado de la jerarquía es el que controla la red. Este hecho no solo puede crear saturaciones de datos, sino también plantea serios problemas de confiabilidad. Por ej. si el ruteador falla toda la red falla (Fig. 1.3).

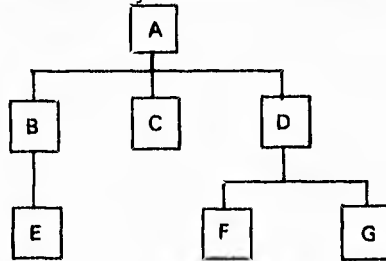


Fig. 1.3 Topología jerárquica o de árbol

1.3.1.2 Topología horizontal (bus)

Esta topología es frecuentemente utilizada en **Redes de Área Local o LAN: (Local Area Network)**. En este tipo de topología es relativamente fácil conducir el flujo de tráfico entre los distintos equipos terminales, ya que el bus permite que todas las estaciones reciban todas las transmisiones, es decir, una estación puede difundir la información de todas las demás.

La principal limitación de una topología horizontal está en el hecho de que suele existir un solo canal de comunicaciones para todos los dispositivos de la red; en consecuencia, si el canal de comunicación falla la red deja de funcionar. Otro inconveniente de esta configuración es que difícilmente se pueden aislar las averías de los componentes conectados al bus (Fig. 1.4).

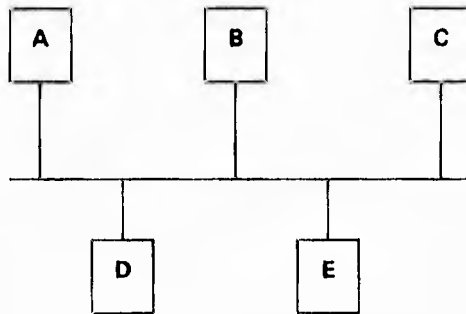


Fig. 1.4 Topología horizontal o de bus

1.3.1.3 Topología de estrella

La topología en estrella fue una de las más empleadas en los sistemas de comunicaciones de datos. La red en estrella se utilizó a lo largo de los años 60's y principios de los 70's porque resulta fácil de controlar; su software no es complicado y su flujo de tráfico es sencillo. Todo el tráfico emana del núcleo de la estrella, que es el nodo central, el nodo por lo general es un servidor, posee el control total de los equipos terminales conectados a él y es responsable de encaminar el tráfico de datos hacia el resto de los componentes, además localiza las averías. Esto podría resultar ventajoso, ya que es posible aislar las líneas para localizar el problema, más sin embargo se llega a complicar cuando el problema está en el nodo central. La configuración en estrella es, por tanto una estructura muy similar a la de la topología jerárquica, aunque su capacidad de distribuir procesamientos es limitado (Fig. 1.5).

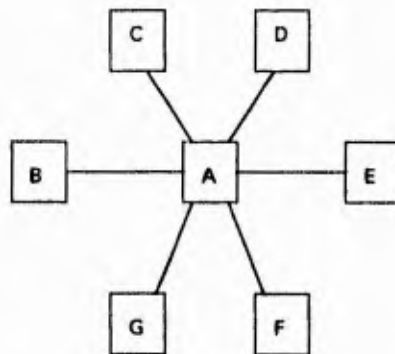


Fig. 1.5 Topología de estrella

1.3.1.4 Topología de anillo

La topología en anillo se llama así por la trayectoria circular del flujo de datos. En la mayoría de los casos, los datos fluyen en una sola dirección y cada estación recibe la señal y la retransmite a la siguiente del anillo. La organización en anillo resulta atractiva porque con ella son bastante raras las obstrucciones, tan frecuentes en los sistemas en estrella o en árbol. Además la lógica necesaria para poner en marcha una red de este tipo es relativamente simple, cada componente sólo ha de llevar a cabo una serie de tareas muy sencillas, tales como: aceptar los datos, enviarlos al equipo terminal conectado al anillo o retransmitirlos al próximo componente del mismo.

Sin embargo, como todas las redes, la red en anillo tiene algunas fallas, el problema más importante es que todos los componentes del anillo están unidos por un mismo canal, si falla el canal entre dos nodos, toda la red se interrumpe.(Fig. 1.6)

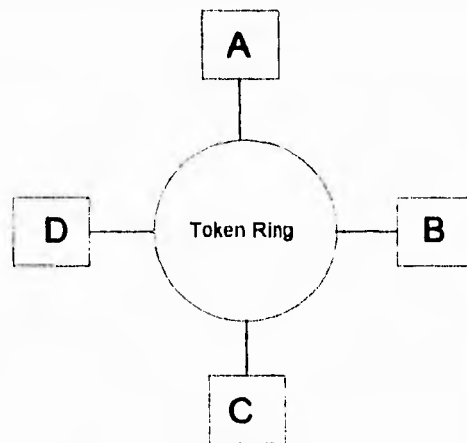


Fig. 1.6 Topología de anillo

1.3.1.5 Topología de malla (red)

La topología en malla se ha venido empleando en los últimos años. Lo que la hace atractiva es su relativa inmunidad a los problemas de embotellamiento y averías, gracias a la multiplicidad de caminos que ofrece a través de los distintos equipos terminales y equipos de comunicación, es posible orientar el tráfico por trayectorias alternas en caso de que algún nodo este averiado u ocupado (Fig. 1.7).

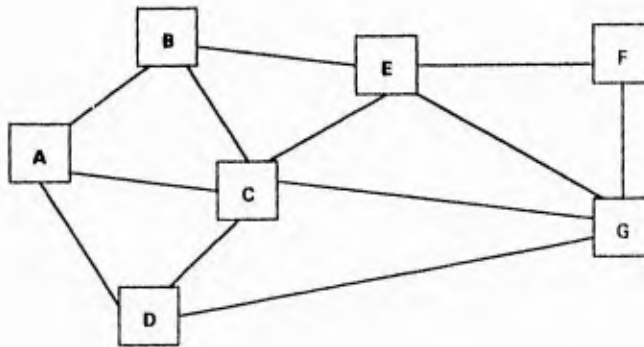


Fig. 1.7 Topología de malla o red

1.3.2 TIPOS DE REDES DE ACUERDO A SU EXTENSIÓN Y VELOCIDAD

Por su extensión geográfica y velocidad de transmisión de datos las redes pueden ser clasificadas como WANS, LANS, Y HSLNS.

Las WAN's (Wide Area Network o **Redes de Gran Cobertura**) se utilizan en un área geográfica de más de 10 KM. y miles de computadoras pueden ser conectadas entre sí mediante canales de transmisión propios o rentados .

Las HSLNS (**Redes Locales de Alta Velocidad**) son diseñadas para salas de computadoras y son configuradas para distancias cortas y para velocidades extremadamente rápidas.

Una red LAN (**Red de Área Local o Local Area Network**) esta configurada hasta para 10 Km. de distancia, en un grupo de oficinas, un edificio, una universidad, una compañía, etc. Los dispositivos en la red pueden ejecutar el mismo tipo de comunicación de datos que una WAN, en estas redes la velocidad de comunicación puede ser tan alta como de 300 Megabits por segundo (**Mbps**). La LAN más popular es la Ethernet que trabaja a 10 Mbps.

	LAN	RED LOCAL DE ALTA VELOCIDAD	WAN
MEDIO DE TRANSMISION	PAR TRENZADO CABLE COAXIAL FIBRA OPTICA	CATV COAXIAL	PAR TRENZADO CABLE COAXIAL FIBRA OPTICA LINEA TELEFONICA SATELITE
TOPOLOGIA	BUS ARBOL ANILLO	BUS	MALLA
VELOCIDAD	1-50 MBPS	MAYOR A 50 MBPS	1-10 MBPS
DISTANCIA MAXIMA	25 KM	1 KM	MAS DE 10 KM
TECNICAS DE TRANSMISION	PAQUETE	PAQUETE	PAQUETE
NO DE DISPOSITIVOS SOPORTADOS	100'S - 1000'S	10'S	MAS DE 1000'S
COSTO	BAJO	ALTO	MUY BAJO
APLICACIONES	COMPUTADORAS TERMINALES	MAIN FRAME PARA MANEJADORES DE DISCO	TERMINAL TERMINAL TERMINAL-HOST

Tabla 1 Tipos de redes y sus características

1.3.2.1 Selección de una red.

Un sistema **CAD/CAM** requiere de:

- Conectar varias estaciones de trabajo dentro del área de diseño.
- Conectar el área de diseño a las otras áreas de trabajo (análisis, manufactura, etc.)
- Transmitir un gran volumen de información en un tiempo relativamente corto.

Debido a estas necesidades podemos decir que la red que se requiere por su extensión cae en la definición de una red tipo **LAN**, y para este tipo de red se utiliza una topología ethernet y bajo un ambiente de trabajo con servidores, estaciones de trabajo, terminales, controladores, etc. Una **LAN** ideal tiene las siguientes características:

- Gran velocidad: mayor o igual a 10Mbps.
- Bajo costo
- Instalación flexible
- Interfase estándar
- Gran confiabilidad e integridad.

Aunque el sistema **CAD** puede ser utilizado en maquinas individuales, se puede obtener un mayor provecho de este si se maneja por medio de una red pues la comunicación con otras personas permite el intercambio de ideas.

1.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE BASES DE DATOS

1.4.1 DEFINICIÓN

Una base de datos es un conjunto de datos de operación almacenados y utilizados por los sistemas de aplicación de una empresa específica. Los sistemas de base de datos se diseñan para manejar grandes cantidades de información.

Un sistema de manejo de base de datos consiste en un conjunto de datos relacionados entre sí y un grupo de programas para tener acceso a estos datos. El objetivo primordial de un sistema de base de datos es crear un ambiente en el que sea posible guardar y recuperar información de la base de datos en forma conveniente y eficiente.

Un sistema de base de datos consta de cuatro componentes:

- a) Datos**
- b) Hardware**
- c) Software**
- d) Usuarios**

1.4.1.2 Datos

Un dato es el ente de toda la información contenida en la base de datos y pueden estar divididos en una o más bases de datos. El término datos se refiere a los valores registrados físicamente en una base de datos

1.4.1.3 Hardware

El hardware se compone de los volúmenes de almacenamiento secundario (discos, tambores, etc.) donde reside la base de datos junto con dispositivos asociados como las unidades de control, canales de comunicación, el CPU, etc.

1.4.1.4 Software

Entre la base de datos física en sí (es decir el almacenamiento real de la base de datos) y los usuarios del sistema existe un nivel de software, que a menudo recibe el nombre de **Sistema Manejador de la Base de Datos (Data Base Management System, DBMS)**. Este maneja todas las actividades de acceso a la base de datos formuladas por los usuarios. Una función del **DBMS** es proteger a los usuarios de la base contra errores a nivel hardware.

Por lo tanto el **DBMS** ofrece una vista de la base de datos y apoya las operaciones del usuario.

1.4.1.5 Usuarios

Los usuarios son las personas que utilizan la base de datos y los recursos que ofrecen el software y el hardware. Se pueden considerar 3 clases de usuarios. La primera la representan el programador de aplicación, encargado de escribir programas de aplicación que utilicen la base de datos. La segunda clase es el usuario final que accesa la base de datos desde una terminal. Un usuario final puede emplear un lenguaje de consulta proporcionado como parte integral del programa de aplicación escrito por un programador que acepte órdenes desde la terminal y a su vez formule solicitudes al **DBMS** en nombre del usuario final. La tercera clase de usuario la representa el Administrador de la **Base de Datos (DBA)**. Las funciones del **DBA** son entre otras:

- Creación del esquema original de la Base de Datos.
- Creación de las estructuras de almacenamiento y métodos de acceso apropiados.
- Modificación del esquema de la Base de Datos o de la descripción de la organización física del almacenamiento.
- Conceder diferentes tipos de autorización para acceso a los datos para los diferentes usuarios de la base de datos.
- Mantener la integridad de la base de datos.

Una base de datos puede ser integrada o compartida. Es integrada cuando la base de datos puede considerarse como una unificación de varios archivos de datos independientes donde se elimina parcial o totalmente cualquier repetición de datos (**redundancia**). Es compartida cuando partes individuales de la base de datos puede compartirse entre varios usuarios distintos.

El concepto de compartida a menudo se amplía al comportamiento concurrente, es decir, a la oportunidad de que diversos usuarios accedan simultáneamente a la base de datos.

Es conveniente señalar que la integridad de los datos es más importante en un sistema de datos que un sistema de archivos privados, precisamente por que el primero se comparte y porque sin procedimientos de validación adecuados es posible que un programa con errores genere datos incorrectos que afecten a otros programas.

Un sistema de base de datos proporciona a la empresa un control centralizado de sus datos de operación que constituyen uno de sus activos más valiosos.

Algunas ventajas de tener un control centralizado de los datos son:

- Puede reducirse la repetición y evitar la incoherencia
- Puesto que los archivos y los programas de aplicaciones fueron creados por distintos programadores; es posible que un mismo dato se repita en varios archivos, esto se puede evitar teniendo los datos en forma centralizada.
- Los datos pueden compartirse. No solo significa que las aplicaciones existentes pueden compartir los datos de la base, sino también que es factible desarrollar nuevas aplicaciones que operen con los mismos datos almacenados. Esto es que las necesidades de datos de las nuevas aplicaciones pueden atenderse sin tener que crear nuevos archivos almacenados.
- Pueden hacerse cumplir las normas establecidas para un control central de la base de datos, el Administrador de la Base de Datos puede garantizar que se cumplan todas las formas aplicables a la representación de los datos.
- Puede conservarse la integridad, el problema de la integridad es garantizar que los datos de la base de datos sean exactos.

1.4.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE BASE DE DATOS

La arquitectura se divide en tres niveles generales:

- a) Nivel interno**
- b) Nivel conceptual**
- c) Nivel externo o físico**

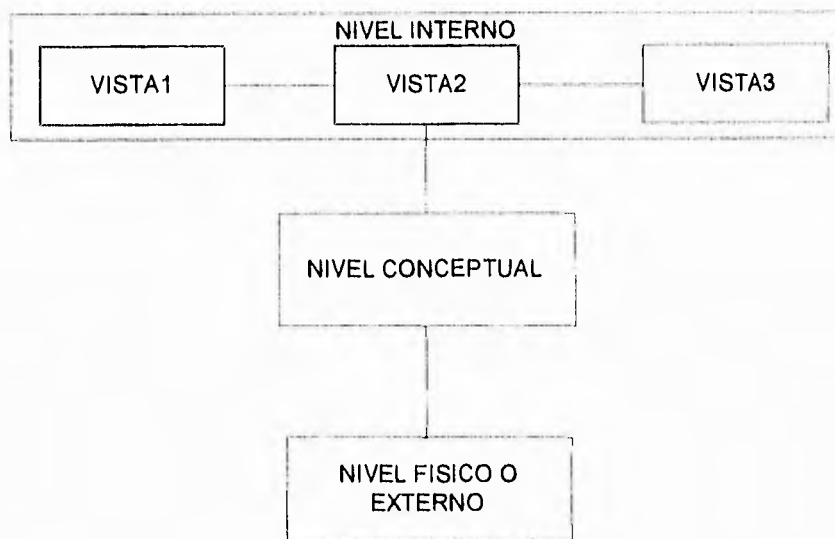


Fig. 1.8 Niveles de abstracción

En términos generales, el nivel interno es el más cercano al almacenamiento físico, es decir el que concierne a la manera de como los datos se almacenan en realidad; el nivel externo es el más cercano a los usuarios, es decir el que atañe a la manera como cada usuario ve los datos; y el nivel conceptual es un nivel de mediación entre los dos. Si el nivel externo se relaciona con las vistas de los usuarios individuales, el nivel conceptual puede considerarse como el que define una vista de la comunidad de usuarios.

Una vista externa es el contenido de la base de datos tal como lo ve un usuario específico (es decir para el usuario la vista externa es la base de datos).

Una vista conceptual es una representación del contenido total de información de la base de datos, una vez más en forma abstracta en comparación con la forma en la cual los datos se almacenan físicamente.

La vista interna es una representación de nivel más bajo de la base de datos en su totalidad; se compone de múltiples ocurrencias de múltiples tipos de registros internos.

1.4.7 CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Es conveniente clasificar a los sistemas de base de datos de acuerdo con el enfoque que adoptan para dar respuesta a el tipo de datos y operadores que soportarán.

Los tres esquemas más conocidos son:

- a) Enfoque relacional.
- b) Enfoque jerárquico
- c) Enfoque de red

El modelo relacional de una base de datos se compone de un cierto número de tablas llamadas relacionales, cada columna de una tabla corresponde a un atributo y al conjunto de valores que puede tomar un atributo se le llama dominio.

NOMBRE	CALLE	CIUDAD	NUMERO
LOWERY	MAPLE	QUEENS	900
SHIVER	NORTH	BRONX	556
SHIVER	NORTH	BRONX	647
HODGES	SUTH	BROKLYN	801
HODGES	SUTH	BROKLYN	647

NUMERO	SALDO
900	55
556	100000
647	105366
801	10533

Fig. 1.9 Base de datos relacional

El modelo jerárquico consiste en un conjunto de registros que se conectan entre sí por medio de ligas. La liga es una asociación entre dos registros. El modelo jerárquico difiere del modelo de red en que los registros están organizados como conjunto de árboles, en vez de gráficas arbitrarias.

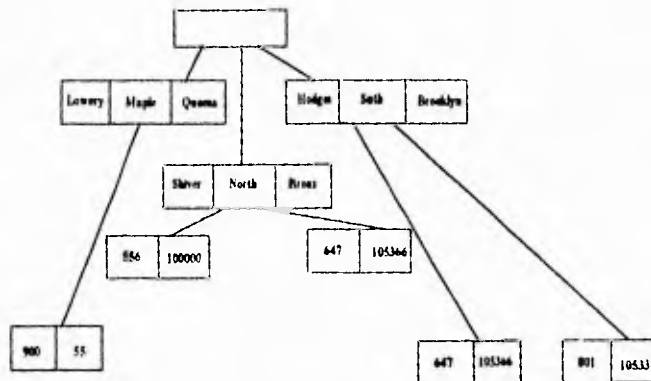


Fig. 1.10 Base de datos jerárquica

En los modelos de red los datos se representan por medio de conjuntos de registros y las relaciones entre los datos se representan con ligas, que pueden considerarse como apuntadores.

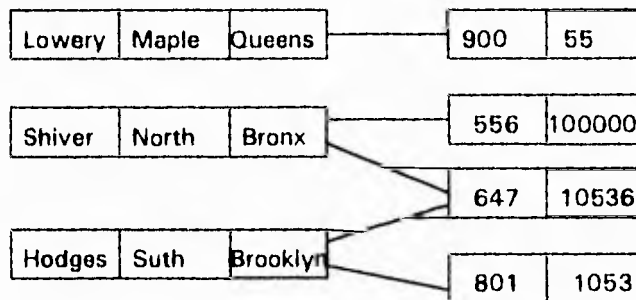


Fig. 1.11 Base de datos de red

Tomando en cuenta lo anterior, un diseño de un sistema CAD se guarda en una base de datos que contiene información de diferentes tipos:

- Información gráfica del diseño.
- Información no gráfica del diseño (Dimensiones, tipo de letra, etc.)
- Información adicional al diseño (Anotaciones, materiales, etc.)

Dependiendo del sistema de CAD, se pueden tener diferentes tipos de bases de datos, entre los más comunes se encuentran los mencionados anteriormente.

1.5 ANTECEDENTES DE C A D

Computer Aided Design (Diseño Asistido Por Computadora)

1.5.1 BREVE HISTORIA DEL CAD

El CAD tiene su origen en el desarrollo de la interacción con las computadoras gráficas. El proyecto SAGE del Instituto Tecnológico de Massachusetts fue enfocado al desarrollo de pantallas CRT y sistemas operativos. Un sistema llamado Sketchpad fue desarrollado bajo el proyecto SAGE. Una pantalla CRT y una pluma luminosa fueron usados para interactuar con el sistema. Esto coincidentemente, paso al mismo tiempo que aparecieron por primera vez los conceptos de NC (Control Numérico) y APT (Automatically Programmed Tool, Herramienta Programada Automáticamente).

Más tarde los graficadores x-y fueron empleados como dispositivos de salida estándar para las computadoras gráficas. Una nota interesante es que un graficador x-y tiene la misma estructura básica de una máquina perforadora NC excepto que la pluma del graficador es sustituida por la herramienta de la máquina NC.

Al principio, los sistemas CAD no eran más que editores gráficos con algunos símbolos para construir diseños y la geometría disponible para el usuario estaba limitada a líneas, arcos circulares y la combinación de ambos. Hoy en día el desarrollo de curvas y superficies de formas libres, como el parche COON, el parche FERGUSON, el parche BEZIER y el B-spline habilitan al sistema CAD para ser usado en curvas sofisticadas y diseño de superficies. Los sistemas en tres dimensiones permiten que un diseñador se mueva dentro de una tercera dimensión (eje Z).

Un modelo de tercera dimensión contiene la suficiente información para programar la trayectoria del corte de una máquina NC y así puede desarrollar la conexión entre CAD y NC. Así los llamados sistemas a la medida CAD/CAM fueron desarrollados basados sobre este concepto y llegaron a ser populares en los 70's y 80's. Los 70's marcaron el principio de una nueva era en CAD en el desarrollo del modelado de sólidos, ya que en el pasado los modelos de cuadro de alambre en 3a. dimensión representaban un objeto únicamente por su contorno, por lo que eran ambiguos en el sentido de que se podían tener varias interpretaciones de un solo modelo, ahora los modelos sólidos contienen información volumétrica de un modelo único, así es que no hay manera de confundir la información volumétrica de uno con respecto a otro, también contienen información completa de sí mismos, y no sólo pueden ser usados para producir dibujos de ingeniería, sino que también el análisis de ingeniería puede ser desarrollado sobre él mismo .

Hoy en día hay dos nuevos desarrollos en CAD, éstos son la implementación de CAD en las PC's (Computadoras Personales) y el estudio de aplicaciones AI (Inteligencia Artificial) en CAD, el primer desarrollo ha hecho más popular y poderoso al CAD.

CAD suele ser una herramienta usada en corporaciones industriales. La introducción de **CAD** para PC (como el Autocad) ha hecho posible el uso de sistemas **CAD** en pequeñas compañías y en forma individual.

Los sistemas **CAD** para PC tienden a ser sistemas de modelado en 3D, porque el rápido desarrollo en micro computadoras ha hecho posible para las PC's proporcionar todo el poder de cómputo necesario para el modelado de sólidos, en un futuro cercano podemos esperar muchos modeladores de sólidos corriendo sobre PC's.

La liga entre **AI** y **CAD** sigue en periodo de investigación. El uso de **AI** con **CAD** ayudará a la meta de automatizar el diseño; en un plazo próximo **AI** será usado para auxiliar a los diseñadores a encontrar parámetros de diseño y para evaluarlos. A largo plazo, las técnicas **AI** ayudarán a simplificar estas tareas.

1.5.2 LA ARQUITECTURA DE CAD

Un sistema **CAD** consta de tres partes principales:

- El hardware, dispositivos de entrada y salida para computadora.
- El software de sistema operativo.
- Aplicaciones de software: Paquetes de **CAD**.

El hardware es usado para apoyar las funciones del software, una amplia variedad de hardware es usado en sistemas de **CAD**. El sistema operativo es la interface entre el software de las aplicaciones **CAD** y el hardware; este supervisa la operación del hardware y proporciona las funciones básicas tales como crear y borrar archivos, controlar las tareas asignando recursos y previendo el acceso para fuentes de software así como archivos, editores, compiladores y utilerías de los programas, esto es importante no sólo para el software del **CAD** sino también para otro tipo de sistemas.

El software de aplicación es el paquete de **CAD**, éste consta de una serie de programas que hacen modelado de dos y tres dimensiones, dibujos y análisis de ingeniería. La funcionalidad de los sistemas **CAD** esta dentro del software de aplicación, y esto es lo que lo hace diferente de otros sistemas. El software de aplicación es generalmente dependiente del sistema operativo. Para transportar un sistema ejecutable de **CAD** de un sistema operativo a otro no es una recompilación trivial del software, por lo tanto se debe de poner más atención en el sistema operativo para que el sistema ejecutable de **CAD** pueda funcionar correctamente.

La arquitectura general de un sistema **CAD** se muestra en la fig. 1.12. La aplicación del software está en el nivel superior y es utilizado para manipular la base de datos del modelo **CAD**; el sistema de utilerías gráficas ejecuta la transformación de coordenadas,

monitoreando y desplegando el control, así es que podría haber diferentes dispositivos de entrada y salida usados, los manejadores (drives) son empleados para traducir los datos desde y hacia un formato específico de datos para cada dispositivo de control. es ejecutado en forma secundaria para coordinar la operación completa, el sistema operativo finalmente es una interfaz que liga al humano con el sistema.

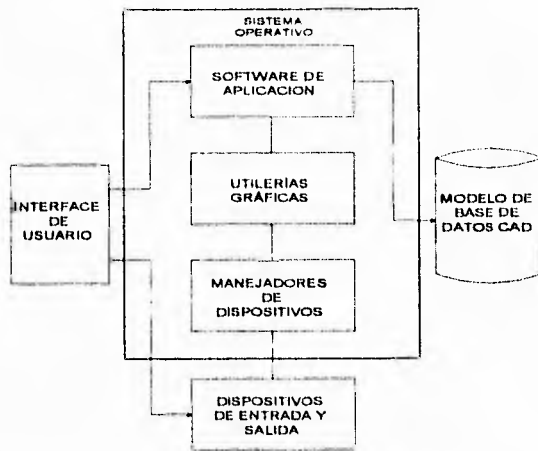


Fig. 1.12 Arquitectura general de un sistema CAD

1.5.3 MODELADO DE OBJETOS

El modelo de un objeto de ingeniería consiste de geometría, topología e información auxiliar. La geometría incluye puntos, líneas, círculos, cilindros y otras superficies, esto define las características básicas de la forma.

CAD es una herramienta que no sólo representa modelos de ingeniería, sino que también sirve para manejarlos. Para construir o desplegar un modelo, son necesarias las transformaciones geométricas y de vista. Una de las partes importantes para el modelado de objetos es la información contenida en la base de datos del sistema **CAD**. Esta base de datos la cual contiene la información que ayudará a describir el objeto en términos de geometría, información de tolerancias, tipo de material, etc., tiene toda la información necesaria para analizar y fabricar el objeto, como para todas las partes de diseño y manufactura.

Por lo tanto con esta información que se obtenga se podrá tener la geometría del objeto la cual se podrá describir tanto en un cuadro de alambre en 3-D, o en un modelo de superficie en 3-D ó en un modelo sólido en 3-D, etc.

1.5.4 EL HARDWARE DE CAD

Existen diferentes tipos de hardware donde se puede usar un sistema CAD. en los primeros días de CAD, algunos sistemas comerciales usaban sus propias computadoras. Hoy en día todo el software de CAD se puede ejecutar sobre una computadora de propósito general. Dependiendo de la complejidad del paquete de CAD se utilizan diferentes tipos de computadoras, ya sea un servidor, una minicomputadora o simplemente una microcomputadora, etc.

Los modeladores de sólidos requieren mucho más poder de cómputo que los sistemas de dibujo en dos dimensiones, así que necesitan computadoras más poderosas. Los sistemas de CAD ya contienen análisis de ingeniería o paquetes de simulación que generalmente son más eficientes, una computadora poderosa no sólo responde rápidamente al sistema CAD, sino que también puede soportar múltiples usuarios sin degradar mucho su desempeño.

En los últimos años, debido al rápido desarrollo de las microcomputadoras la división de computadoras no está totalmente clara. El desempeño del CPU de muchas microcomputadoras ha sobrepasado en ese aspecto a algunas minicomputadoras, sin embargo las computadoras personales como las PC's de IBM siguen corriendo a velocidades menores de un Millón de Instrucciones Por Segundo (MIPS), las estaciones de trabajo de ingeniería basadas sobre microcomputadoras están corriendo de 2, 4 y hasta 20 MIPS. La mayoría de las microcomputadoras en la actualidad están corriendo alrededor de 2 a 4 MIPS. Sin embargo el desempeño de las computadoras también está limitado por la velocidad de entrada y salida y la velocidad del bus. Servidores y minis pueden ser mejores que las micros, especialmente cuando se usan con aplicaciones multiusuario.

Algunos otros parámetros y componentes concernientes al equipo también deben de ser considerados para el buen funcionamiento de un sistema CAD, estos son:

- a) La capacidad de la memoria RAM
- b) Capacidad de disco duro
- c) Acelerador especial de gráficos
- d) Respaldo en cinta

RAM (Random Access Memory o Memoria de Acceso Aleatorio) es la memoria real de una computadora, una pequeña capacidad de memoria significa procesamiento lento debido al cambio frecuente de información entre la memoria física y la memoria virtual ocasionado por las consultas constantes de los usuarios sobre el disco. Dado que CAD demanda grandes cantidades de almacenamiento la capacidad de disco es importante. La poca capacidad de disco limita al sistema para almacenar solo algunos modelos, CAD está basado en gráficos y requiere de un procesamiento de datos tremendo.

Un acelerador gráfico puede incrementar drásticamente el desempeño del sistema, sin embargo el disco duro es típicamente el mayor gasto para un sistema de computadora, no es costoso el justificar el almacenaje de todos los dibujos disponibles en el disco, sin embargo la cinta magnética sigue siendo el medio más económico para el almacenamiento de los datos, para un sistema en **CAD** es necesario tener un respaldo en cinta.

Actualmente, todo tipo de computadoras son utilizados para manejar los sistemas **CAD**. Las computadoras personales son usadas por su bajo costo para aplicaciones de dibujos en 2D. Las estaciones de trabajo han llegado a ser un gran apoyo en **CAD**, y regularmente solo hay un solo usuario dentro de una red. Las minicomputadoras son empleadas en sistemas **CAD** multiusuarios. Los servidores son requeridos para varios sistemas multiusuarios de **CAD** para apoyar una simulación de tiempo real y al análisis de ingeniería. Algunas veces en una gran corporación, todos los niveles de **CAD** son implementados, y **todos los sistemas son ligados a través de una red de computadoras y aplicaciones multiusuario.**

1.5.5 COMPONENTES DE ENTRADA Y SALIDA

La fig. 1.13 muestra los componentes típicos de entrada y salida utilizados en los sistemas **CAD**. Los componentes de entrada son usados para transferir información (desde una persona o un medio de almacenaje) a una computadora donde las funciones **CAD** son realizadas. Un teclado es un componente de entrada estándar usado para transmitir datos alfanuméricos al sistema. La función de las teclas es para hacer más fácil la entrada, las palancas, las esferas y ratones también son usados para manipular el cursor.

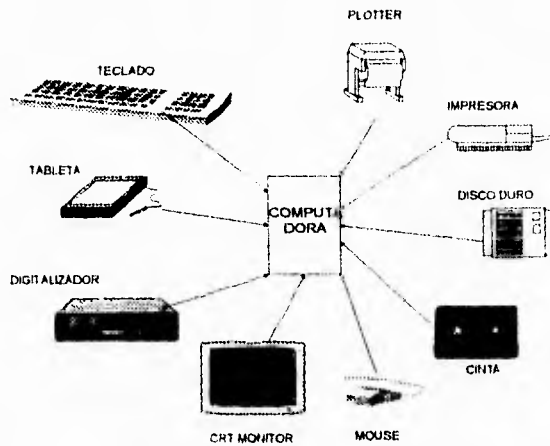


Fig. 1.13 Componentes de entrada y salida

Existen dos métodos para la captura de un dibujo existente:

- a) Modelar el objeto del dibujo
- b) Digitalizar el dibujo

La digitalización es usualmente más fácil y rápido que el modelado. Un digitalizador es un componente que traduce las posiciones xy de un dibujo dentro de una señal digital y alimenta con esa señal a la computadora. También hay examinadores gráficos que analizan un dibujo y lo convierten a un formato CAD legible.

El componente estándar de salida para CAD es una pantalla CRT, hay dos principales tipos de pantallas:

- a) Una pantalla de trazo aleatorio. Esta dibuja vectores en la pantalla.
- b) Una pantalla de barrido secuencial. Dibuja una serie de puntos.

Algunas de las ventajas de la pantalla de barrido secuencial incluyen una mayor continuidad en el tono de la figura que puede ser generada y el costo es usualmente más bajo que la pantalla de trazo aleatorio. Sin embargo si se desea una alta resolución para esta pantalla se debe pagar un alto costo debido al buffer de memoria que necesita.

1.5.6 EL SOFTWARE DE CAD

Algunas de las funciones proporcionadas por el software de CAD son:

- a) Manipulación de imágenes: Crear, borrar y modificar la geometría y el texto.
- b) Transformación del despliegue: Escala, rotación, paneo, acercamientos y borrado parcial.
- c) Símbolos gráficos: Estándares de símbolos gráficos.
- d) Control de impresión: Selección de dispositivo de salida, configuración y control
- e) Asistencia al operador: Pantallas de menú, teclado de funciones y ayuda de tableta digitalizadora.
- f) Manejo de archivos: crear y borrar archivos de diseño.

A continuación se explicarán las clasificaciones de los sistemas CAD.

El software es lo que le da al sistema CAD su funcionalidad y personalidad, el software puede ser clasificado, como se muestra:

- **Dibujo en 2D**
- **Diseño básico en 3D**
- **Superficies esculpidas**
- **Modelado en 3D**
- **Análisis de ingeniería**

1.5.6.1 Dibujo en 2D

Estos sistemas corresponden directamente a los dibujos tradicionales en ingeniería, básicamente son diseñados como un sustituto del dibujo manual. La mayoría de los sistemas CAD son de este tipo, hoy en día, para la mayoría de los usuarios sigue siendo la herramienta más familiar para ser usada. Las aplicaciones que incluyen son:

- a) Dibujos de partes mecánicas
- b) Diagrama de cableado
- c) Diseño y trazo de la tableta de circuito impreso
- d) Ayudas para dibujo
- e) Diseño arquitectónico y construcción
- f) Arte gráfico y publicidad
- g) Cartografía

1.5.6.2. Diseño básico en 3D

Estos sistemas incluyen: cuadro de alambre en 3D, dibujo en 2 1/2 dimensiones y cartografía. Un modelo en 3D de cuadro de alambre describe los bordes y delineados de curvas. Un modelado en 2 1/2D es un modelo en 2D con un eje Z constante. Algunos modelos en cartografía pueden usar datos digitalizados para producir dibujos en 3D o líneas de nivel. Los modelos básicos en 3D son fáciles de generar y fáciles para trabajar con ellos, son sencillos de almacenar y manipular en computadoras y son muy útiles como apoyo visual.

1.5.6.3. Software de superficies de formas libres

Los modelos básicos en 3D pueden únicamente modelar geometrías simples como puntos, líneas, círculos, planos y superficies analíticas. Otra clase de superficies que no sean analíticas son las superficies esculpidas. Muchas aplicaciones requieren un modelador de superficies. Entre ellas se pueden mencionar:

- a) Manufactura y diseño final.
- b) Diseño Automotriz y de aeronaves.
- c) Diseño comercial y artístico.

Se están haciendo muchos intentos para integrar los modeladores de superficies de forma libre junto con otro tipo de sistemas CAD.

1.5.6.4. Modelado de sólidos en 3D

Hay diferentes tipos de representaciones esquemáticas de sólidos:

1. Instancia primitiva
2. Enumeración de ocupación espacial (SOE)
3. Descomposición de celdas
4. Geometría sólida constructiva (CSG)
5. Representación por límites (B-rep)
6. Extrusión y revolución

Actualmente la mayoría de los modeladores sólidos en 3D están basados en representaciones CSG o B-rep.

El modelado sólido proporciona una liga común entre el diseño, análisis y manufactura, así que es una representación completa y el análisis de ingeniería puede ser directamente ejecutado con el modelo. **La existencia de los modeladores de sólidos son esenciales para el ambiente de manufactura automatizada e ingeniería concurrente.**

1.5.6.5. Análisis de ingeniería

El análisis de ingeniería comúnmente efectuado sobre un diseño incluye Análisis de Elemento Finito (FEA), cálculos de volumen y peso, simulación cinemática y análisis de circuitos. El grupo más usado de métodos para análisis es el análisis de elemento finito.

En este tipo de análisis, un cuerpo complejo es descompuesto en elementos básicos, cada uno teniendo una forma geométrica simple y esta hecho de un solo material. Por lo tanto, el primer paso en el análisis es la partición del modelo a elementos discretos y fijar las condiciones necesarias para el mismo. Las características físicas de cada elemento pueden ser determinadas por teorías clásicas, el problema es entonces resuelto como un grupo de ecuaciones simultáneas para todos los elementos. Después los resultados del análisis son regresados por el programa ejecutado para hacer dichas operaciones, el sistema CAD puede desplegarlos gráficamente para permitir una interpretación visual de los resultados del análisis.

1.6 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA CONCURRENTE

1.6.1 CONDICIONES ACTUALES DE LA INGENIERÍA.

En la profesión de ingeniería se debe de acortar el tiempo en el que se decide poner en marcha las ideas, además muchas de estas ideas requieren de tiempo para largos procesos de investigación antes de su realización. Los ingenieros deben tener constantemente presente que los productos deben ser seguros y confiables, para cumplir con esto todos los productos deben ser probados completamente, lo cual requiere tiempo y estar consciente de que los costos son un punto crítico en la actualidad. **El usuario final requiere mejor calidad y larga vida del producto.** En la parte que los ingenieros diseñan de acuerdo a lo que el usuario final requiere puede enfrascarse en un conflicto. Este conflicto actualmente está finalizando ya que el ingeniero es responsable de reunir los requerimientos del cliente, las regulaciones de ley, lugar de trabajo seguro, reducción de ruido, etc.

En términos generales los ingenieros deben diseñar, construir y dar productos que:

- **Trabajen mejor**
- **Sean durables**
- **Novedosos**
- **Menos caros**
- **Seguros**
- **No provoquen disturbios en el ambiente**

Los ingenieros deben hacer todo lo anterior en un tiempo corto y para ello deben dominar las herramientas de ingeniería.

Las herramientas que deben aplicarse son:

- **Estándares de calidad**
- **Técnicas usadas en la ingeniería concurrente y en los grupos de funciones cruzadas**
- **Control de procesos estadísticos**
- **Diseño de experimentos**
- **Diseño por reuniones (es un grupo de practicas enfocado a marcar el diseño del producto lo más simple posible)**
- **Revisión del diseño**

1.6.2 INGENIERÍA CONCURRENTE

El mundo esta demandando mayor calidad en los productos y mejor servicio, al igual que los cambios tecnológicos están ocurriendo en los productos. El ciclo de vida para muchos productos no se mide en años sino en meses, estos parámetros son tomados en cuenta para mejorar las ideas y conceptos en los productos y en las tarifas. Estos productos deben ser de alta calidad, más durables y más confiables que antes. Para tener éxito la ingeniería debe realinearse en sus políticas, procedimientos y prácticas.

Ingeniería Concurrente (IC) o Ingeniería Simultánea son los nombres dados al **método formal de acortar el tiempo transcurrido desde la concepción del producto hasta su introducción al mercado.** Algunas organizaciones han realizado reducción en su tiempo de desarrollo en productos recientemente creados.

1.6.3 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA CONCURRENTE

La ingeniería concurrente es un proceso donde interviene un **equipo multidisciplinario con tareas traslapadas dirigidas a una meta en común**. El proceso varía dependiendo del producto, recursos y condiciones, esto quiere decir que **no es un proceso con un conjunto rígido de procedimientos**.

También podríamos definir a la Ingeniería Concurrente como: El diseño del ciclo completo de vida del producto, usando simultáneamente **un equipo de diseño del producto, ingeniería automatizada y herramientas de producción**.

El diseño concurrente es otro método de diseño que a diferencia del tradicional, especifica que todos los análisis sean ejecutados una vez, y algún nuevo diseño sea basado no en el resultado de un sólo análisis, sino sobre el total del paquete de todos los análisis hechos.

Tradicionalmente las fases del programa de desarrollo de un producto han sido una **serie de pasos secuenciales con prototipos usualmente incluidos**, conforme cada paso es concluido pasa a manos de otro departamento. **La ingeniería concurrente reemplaza la serie secuencial de fases con fases que se traslapan**, este traslape lleva a los ingenieros a un rápido aprendizaje, fácil entendimiento y reducción de desperdicio en el desarrollo del producto así como una mejor comunicación entre equipos de trabajo, esto facilita el camino para un equipo de trabajo efectivo.

Existen cuatro factores internos específicos con los que debe contar la ingeniería concurrente:

- **Equipo de trabajo**
- **Utilerías**
- **Disciplina**
- **Recursos técnicos**

CONCLUSIONES

Los sistemas CAD/CAM son una herramienta importante para poder desarrollar un diseño. Y cuentan con varios parámetros o especificaciones que permiten desarrollar una parte de un producto o un sistema completo.

Los pasos del proceso tradicional de diseño mencionados dentro de este capítulo hacen que el diseño sea más concreto y que cumpla con las necesidades del cliente.

Actualmente las redes de computadoras son de gran utilidad ya que los usuarios pueden tener un mejor control sobre su información e intercambiar datos entre ellos sin importar la localización del usuario. Para el uso de una red se debe tomar en cuenta el tipo de comunicaciones, la topología de la red, su extensión geográfica y la velocidad con que se transmiten los datos.

Otro elemento importante que se debe de considerar es la base de datos en la que se va a trabajar ya que de ellas depende el manejo y control que se tenga de la información. Dentro de las base de datos se debe considerar su arquitectura, la cual se divide en nivel interno, conceptual y externo, según las conveniencias del sistema en que se va a trabajar debe de seleccionarse el esquema de la base de datos, los más comunes son: esquema relacional, jerárquico y de red.

De acuerdo a las características de las redes y BD mencionadas se puede determinar las más aptas para poder implementar un sistema CAD/CAM.

CAD es un sistema que auxilia a los diseñadores para que puedan llevar a cabo un mejor proceso de diseño.

Para poder hacer uso de un sistema CAD, se debe de contar con hardware tal como dispositivos de entrada y salida, además de un software que incluya programas que permitan realizar las tareas de modelado en 2 y 3 dimensiones entre otros.

CAPITULO 2
MÉTODOS DE DISEÑO

2.1 INTRODUCCIÓN AL PROCESO TRADICIONAL DEL DESARROLLO DE UN PRODUCTO

En la práctica de la ingeniería los sistemas **CAD/CAM** han sido utilizados en diferentes formas, como por ejemplo: algunos los utilizan para producir dibujos y diseñar documentos. Otros pueden emplearlos como una herramienta visual, para generación de imágenes y animación. Otro grupo puede desarrollar análisis de ingeniería para algún procesamiento en modelos geométricos tales como análisis de elemento finito. Y otros grupos pueden usarlo para desarrollar planeación de procesos y generar partes de un programa NC.

El producto se genera a partir de una necesidad la cual es identificada en base de la demanda de vendedores y consumidores. Después pasa a través de dos procesos principales, que abarcan desde la conceptualización de la idea hasta la finalización del producto, estos son: el proceso de diseño y el proceso de manufactura. Existe un subproceso que también es muy importante tanto para el diseño como para el análisis, este es el subproceso de síntesis.

Es tanta la información generada durante el subproceso de la síntesis que resulta difícil poder capturarla toda en una computadora, debido a esto varios expertos en la materia se han dedicado a buscar una mayor optimización. El objetivo principal del subproceso de síntesis es obtener un diseño conceptual del producto, típicamente este diseño toma la forma de un esquema que muestra la relación que existe entre las partes del producto.

El subproceso de análisis comienza con un intento para poner el diseño conceptual en el contexto de las ciencias de ingeniería abstracta y evaluar el desarrollo del producto esperado. Esto constituye el modelado y simulación del diseño.

La calidad de los resultados y decisiones generados durante el análisis de diseño son responsabilidad directa del diseñador, así como la optimización y evaluación del mismo, debido a que esto está relacionado y limitado por la calidad del diseño elegido.

Cuando varias alternativas de diseño pueden ser investigadas, es ideal un centro de cómputo donde se pueda tomar la mejor decisión en períodos de tiempo más cortos, además se pueden implementar algoritmos para el análisis del diseño y optimización del mismo.

Mientras la optimización del diseño puede ser considerada dentro del análisis, realmente es identificada como una fase separada, como se muestra en la fig. 2.1. Y tan pronto el elemento mayor del diseño ha sido analizado y su dimensión nominal determinada, la fase de evaluación del diseño empieza, y puede ser con la construcción de varios prototipos dentro de un laboratorio o en una computadora, para probar el diseño.

Muy frecuentemente los prototipos por computadora son utilizados porque son menos caros y más rápidos de generar; también ayudan al diseñador a determinar otras dimensiones del producto que no han sido analizadas. El diseñador también puede generar formulaciones materiales, tolerancias específicas y realizar análisis de costos. La última fase del subproceso de análisis es la comunicación del diseño y documentación, lo cual involucra la preparación de planos, reportes y presentaciones. Los planos son utilizados para producir copias para ser pasadas al proceso de manufactura.

La fase principal del proceso de manufactura es mostrada en la fig. 2.1. Esta comienza con el proceso de planeación y finaliza con el producto terminado. El proceso de planeación es considerado como el sostén del proceso de manufactura dado que se ejecuta para determinar la secuencia más eficiente para producir el producto. El encargado de planear el proceso debe ser conocedor de varios aspectos de manufactura para obtener un plan apropiado, éste también, trabaja típicamente con heliografías o planos y debe tener comunicación con el departamento de diseño para clarificar o hacer cambios requeridos en el diseño final para satisfacer los requerimientos de manufactura. La meta del proceso de planeación es hacer un plan de producción y obtención de utilerías, y uno de disposición de material y programación.

La planeación del proceso para la manufactura es análogo a la síntesis del proceso de diseño; esto involucra considerablemente la experiencia humana y la calidad de la toma de decisiones, por lo tanto ha sido complicado de implementar en el área computacional. Sin embargo, el **CAPP (Planeación de Proceso Asistido por Computadora)** ha progresado significativamente en este aspecto. En suma, para una base de datos centralizada **CAD/CAM** para **CAPP**, los modelos geométricos que son accedados no deben ser ambiguos. El modelado de sólidos dispone de tales características y son usados en el desarrollo de **CAPP**.

Una vez que la fase del proceso de planeación es terminada, inicia la producción real del producto. Las partes producidas son inspeccionadas y usualmente deben pasar por cierto control de calidad. Si superan la inspección, son ensambladas, empaquetadas, etiquetadas y embarcadas al consumidor. El producto es mejorado cuando se tiene una retroalimentación del mercado, ésta es usualmente incorporada en el proceso de diseño, como se muestra en la fig. 2.1.

Las fases de diseño y procesos de manufactura son mostrados en la fig. 2.1 y sirven como base para definir el diseño y el contenido de la manufactura, consecuentemente las utilerías de los sistemas **CAD/CAM** pueden auxiliar a los ingenieros.

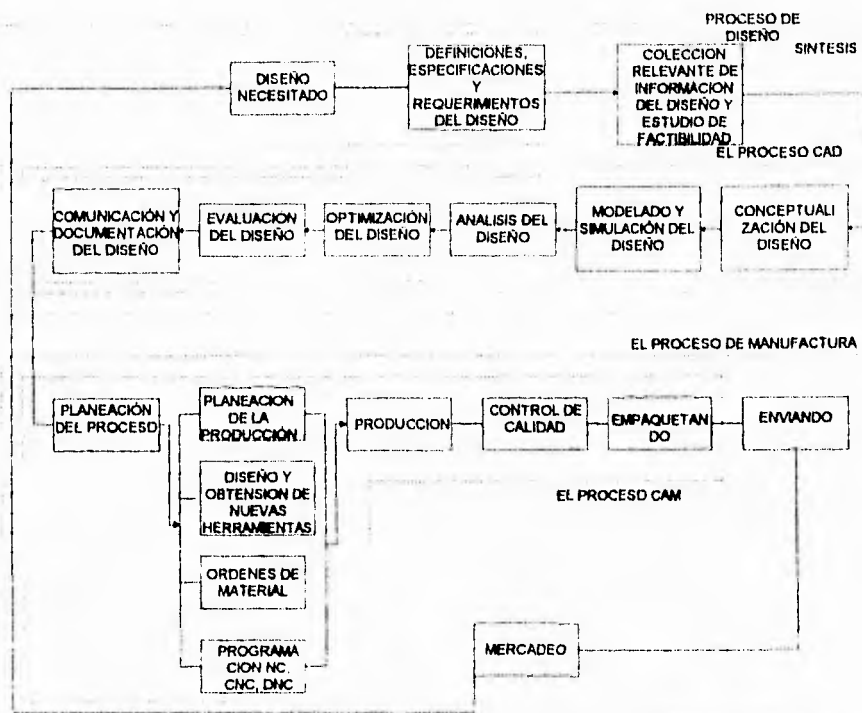


Fig. 2.1 Fases del desarrollo de un producto

El proceso de **CAD** es análogamente un subconjunto del proceso de diseño; mientras que similarmente el proceso de **CAM** es un subconjunto del proceso de manufactura. La implementación del proceso **CAD** en sistemas concurrentes toma el flujo genérico presentado en la fig. 2.2. Tan pronto como un diseño conceptual se materializa en la mente de los ingenieros, la definición de un modelo geométrico comienza mediante la interfase del usuario provisto por el software. La elección de un modelo geométrico es análoga a la elección de un modelo matemático para poder realizar un modelo de ingeniería y éste depende directamente el tipo de análisis que va a ser realizado. De hecho para aplicar un análisis de ingeniería al modelo geométrico, algunos algoritmos de interfase son utilizados por el sistema para extraer los datos requeridos desde el modelo de la base de datos y realizar el análisis. En el caso del análisis de elemento finito, estos algoritmos forman el paquete de modelado de elemento finito del sistema. La prueba del diseño y evaluación pueden requerir cambios en el modelo geométrico antes de su finalización. Cuando el diseño final es alcanzado, el dibujo y detallado de los modelos inicia, seguidos por la documentación y producción de los planos finales.



Fig. 2.2 Implementación del proceso típico de CAD

La tabla 1.2 muestra como son las utilerías **CAD**, el modelado geométrico y las aplicaciones gráficas con apoyos tales como colores, modificadores geométricos que facilitan la estructuración de los modelos geométricos. La visualización del modelado es lograda via imágenes sombreadas y procedimientos de animación, los cuales auxilian a la conceptualización del diseño, la comunicación y detección de interferencias en algunos casos. Las utilerías para el modelado y simulación de diseño son diversificados y están íntimamente relacionados al análisis.

FASE DE DISEÑO REQUERIDAS	HERRAMIENTAS DE CAD
Conceptualización del diseño, manipulación y visualización	Técnicas de modelado geométrico, graficación
Modelado de diseño y simulación	Animación, paquetes especiales de modelado
Análisis del diseño	Paquetes de análisis, utilización de programas
Optimización del diseño	Dimensionamiento, tolerancias
Comunicación del diseño y documentación	Planeación y detallado 0

TABLA 2 UTILERIAS DE CAD REQUERIDAS PARA SOPORTAR EL PROCESO DE DISEÑO

Algunos paquetes **FEM** (Modelado de Elemento Finito) proporcionan algunas formas de optimización de estructuras y formas, aún cuando las utilerías **CAD** para evaluaciones de diseño son difíciles de identificar, estos pueden incluir una calibración apropiada para el diseño después de que el análisis es realizado, para facilitar la aplicación de las técnicas de ingeniería, tales como cambios graduales en las dimensiones, disminución y anulación de concentraciones de presión. Agregando tolerancias, y ejecución de análisis de las mismas.

La implementación del proceso **CAM** en un sistema **CAD/CAM** es mostrada en la figura 2.3. Una de las bases para las actividades del proceso **CAM** es el modelado geométrico desarrollado durante el proceso **CAD**, estas actividades son complementadas por la información adicional de la Base de Datos de **CAD** que se obtiene mediante algoritmos de interfase que son usualmente utilizados para esta operación.

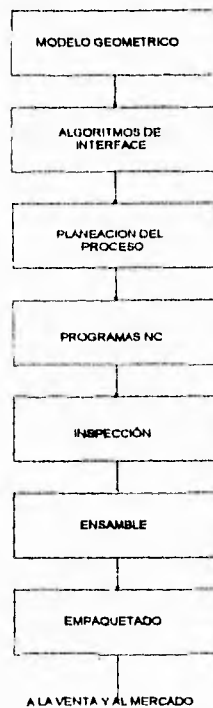


Fig. 2.3 Implementación de un proceso típico de CAM

En el caso del proceso de planeación las características que son utilizadas en manufactura (hoyos, ranuras etc.), deben ser reconocidos para habilitar una planeación de la manufactura. Una vez que las partes son producidas, el software de **CAD** puede ser usado para la inspección de ellas. Esto es terminado por superposición de imágenes de la parte real con una imagen maestra almacenada en la de base de datos modelo. Después de ser aprobada la inspección, el software de **CAM** puede ser utilizado para implementar sistemas robóticos para ensamblar las partes que armarán el artículo final.

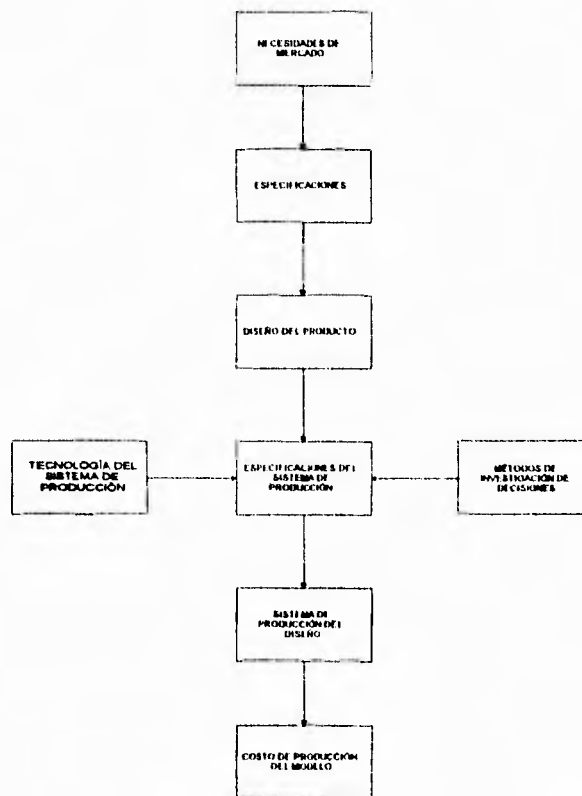
La tabla 1.3 relaciona las utilerías **CAM** con la fase previa del proceso de manufactura. Las técnicas **CAPP** en este proceso contribuyen con variantes generativas y aproximaciones híbridas, que ayudan a tener un análisis de materiales y especificaciones más aproximadas; también algunas partes de la programación en la fase de manufactura son respaldadas por la mayoría del software de **CAM**, así como también se podrá tener simulaciones y programación para la parte de ensamblado.

FASE DE MANUFACTURA	UTILERIAS CAM REQUERIDAS
Proceso de planeación	Técnicas CAPP, análisis de costos, materiales y especificaciones
Parte de programación	Inspección del software
Ensamble	Simulación, robótica y programación

TABLA 3 UTILERIAS DE CAM REQUERIDAS PARA SOPORTAR EL PROCESO DE MANUFACTURA

2.1.2 INGENIERÍA SECUENCIAL

El proceso de ingeniería secuencial es ilustrado en la siguiente figura:



Proceso de ingeniería secuencial

Éste es un proceso serial, en el cual el diseño es transmitido a través de varios módulos; si es necesario que el diseño se modifique, éste es regresado al inicio del ciclo y el proceso es repetido. Nótese que los expertos en mercadotecnia explican sus necesidades a los diseñadores, quienes determinan las especificaciones del producto y después mandan el diseño del producto a los expertos en manufactura, quienes deciden que sistema de producción será ocupado para realizar el producto. Los expertos en manufactura obtienen información de los expertos en los sistemas de producción y toman decisiones sobre la adquisición de nuevo equipo, basado en el entorno de su inversión. Entonces el sistema de producción (incluyendo fabricación y ensamble junto con el control de calidad) es diseñado y el costo de producción es calculado. La entrada es, entonces, un grupo de necesidades de mercado (incluyendo valores del mercado) y la salida al final es un costo de producción, si el costo es demasiado alto, entonces el proceso debe ser repetido para modificar el diseño en alguna de sus fases. Este proceso iterativo ha sido realizado rutinariamente durante muchos años. Varios de los expertos en cada campo se localizan por lo general en lugares separados y la comunicación entre ellos es algunas veces difícil.

El diseño se ha hecho marcando la separación entre los departamentos de diseño y manufactura por lo que los expertos en manufactura tienen que imaginarse una manera de hacer la fase de fabricación con la información que tienen, y no durante la parte de diseño. La misma barrera existe entre los diseñadores y los expertos en ensamble, el campo de mantenimiento, el control de calidad, mercadotecnia y algunos subgrupos en las instalaciones de manufactura.

Hay varias maneras para fabricar un producto, y el proceso se selecciona dependiendo de la función del producto, sus dimensiones y tolerancias, así como del equipo disponible y el costo.

Los problemas con el proceso secuencial pueden ser caracterizadas por los siguientes factores:

- El diseño es manejado mediante grupos de datos. Existe presión para la realización de dibujos y especificaciones en un tiempo determinado, lo cual impide una búsqueda de un diseño óptimo. Las alternativas disponibles son rápidamente analizadas de acuerdo al tiempo de interés requerido, y una idea particular es seguida.
- La definición de los detalles del diseño demandan muchas horas de trabajo, y aún con las herramientas de CAD/CAM es necesario mucho esfuerzo manual. Sería mucho mejor delegar estas tareas hasta que el diseño sea optimizado.
- El proceso secuencial es caracterizado por una secuencia rígida de decisiones; la cual generalmente tiene como meta final obtener el menor costo, aún cuando las metas deberían incluir el comportamiento óptimo y una fácil fabricación.
- La distribución de la productividad y el apoyo no son considerados durante el proceso de diseño, sino hasta que ya es demasiado tarde, lo que ocasiona que cuando el diseño sea cambiado probablemente su costo sea más elevado.

- La planeación de producción, el apoyo de análisis, el mantenimiento y la factibilidad son considerados separadamente durante el proceso de diseño. Ya que a los diseñadores se les ha permitido aplicar su propio criterio para seleccionar las características que son consideradas en cada iteración del proceso de diseño.
- Los datos del diseño son fragmentados: la documentación incluye archivos CAD, dibujos compuestos en 2 dimensiones, ensambles, dibujos de procesos, modelos sólidos en 3-D, etc.
- La información se degrada conforme el diseño va avanzando de un grupo a otro. La idea del primer diseño se pierde conforme la documentación que se obtiene de los expertos de producción va variando. Entonces ellos deben depender de su experiencia en seleccionar que cambios pueden ser hechos para hacer un artículo más productivo y funcional. Idealmente, las razones para que el diseño destaque deberán ser incluidas dentro de la documentación.
- Los diseñadores por lo regular no son conscientes del costo de la información, así que ellos no pueden planear los costos inteligentemente para obtener una meta real; las compañías no liberan la información de los costos periódicamente y no hay herramientas que se puedan utilizar para estimar los costos como las hay en otros campos del diseño y cuando los costos son calculados, por lo general es demasiado tarde para hacer la mayoría de los cambios necesarios al diseño.

Estos son algunos de los muchos problemas que se presentan en las fases del proceso secuencial. Algunos países han identificado estos problemas en la práctica del diseño actual y han modificado el proceso para resolver algunos de ellos, algunas razones que dan para estos cambios en el proceso tradicional de diseño incluye las siguientes:

- El desarrollo del producto se hace con una organización tradicional, y esto significa que cada área este aislada de las demás.
- El desarrollo del proceso y las operaciones de producción están ubicadas en diferentes niveles de organización dentro del proceso de manufactura.

2.2 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA CONCURRENTE

El producto dirigido a través del proceso en serie comprende: Una fase en la que el producto es diseñado en un tiempo determinado; la funcionalidad del producto; que usualmente es considerada primero, seguida por la manufactura, el ensamble y por último el servicio. Este procedimiento secuencial debe ser modificado si se desea que el proceso de diseño mejore.

Otras fuentes¹ han descrito el diseño como el direccionamiento del ciclo de vida completo del producto, desde su conceptualización inicial, a través del prototipo, producción, mercadotecnia, mantenimiento hasta el fin de la vida útil y el desecho del producto. Después de esta secuencia se debe preguntar, si el proceso de diseño debe ser cambiado y qué puntos del proceso de diseño pueden ser candidatos para la modificación.

Ha sido demostrado que el mayor porcentaje del costo de producción de un producto es determinado en la etapa de formulación del concepto, dado que el tiempo empleado y el costo en el desarrollo del producto durante esta etapa es bajo, cualquier cambio en este punto sería poco costoso; únicamente un porcentaje menor del costo de producción es afectado por cambios en las últimas etapas, como el de la planeación de manufactura de la parte. Después de la etapa de conceptualización del diseño, los cambios son caros debido a que la documentación se ha comenzado a generar y debe ser cambiada. Esto significa que la etapa de diseño conceptual es lo más viable para poder manejar la reducción de costos. La etapa de diseño conceptual entonces, debe ser tomada como ventaja para crear el producto a bajo costo y el proceso de diseño gráfico simultáneamente.

Direccionando todos los aspectos del producto incluyendo costos durante la etapa de diseño es una nueva propuesta que ha sido llamada **Ingeniería Concurrente (IC)** o una propuesta estratégica para el diseño del producto.

Lo que llamaremos **Ingeniería Concurrente (IC)** ha evolucionado pensando en todas las tareas como elementos en un diseño integrado.

2.3 INGENIERÍA CONCURRENTE

La **Ingeniería Concurrente (IC)** tiene como propósito detallar el diseño mientras simultáneamente desarrolla la capacidad de producción, la capacidad de apoyo de campo y la calidad. Esto consiste en una metodología usando equipos multidisciplinarios para llevar a cabo estas fases de manera concurrente: herramientas de **IC** en forma de algoritmos, técnicas y software, y la gente experta que lleve a cabo la secuencia completa de diseño y producción. **La esencia de la IC es la integración del diseño del producto y la planeación del proceso dentro de una sola actividad en común;** el diseño concurrente ayuda a mejorar la calidad en la toma de decisiones y tiene un gran impacto en el costo del ciclo de vida del producto.

La **IC** puede ser visualizada como se muestra en la fig. 2.4.

¹ Cralley, W., and E. Rogan: "Architecture and Integration Requirements for Unified Life Cycle Engineering (ULCE)." Paper presented at CAD/CIM Alert Conference on DFM, October 1987.

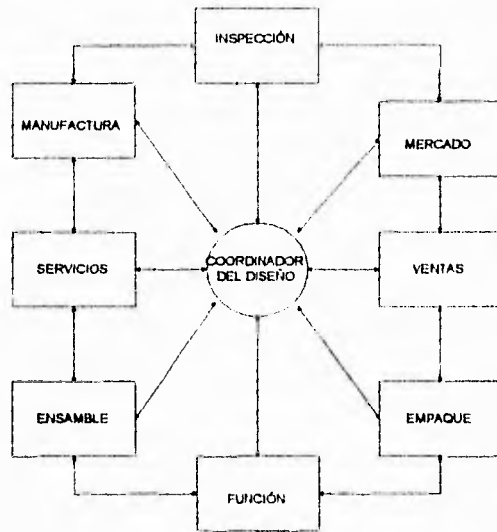


Fig. 2.4 Concepto de ingeniería concurrente

En esta figura, el diseñador, representado por el centro de la circunferencia, coordina los comentarios y sugerencias de rediseño desde el dominio de los expertos alrededor de la circunferencia, la comunicación entre los expertos es indicada por las flechas; en este procedimiento de diseño, un diseño conceptual es presentado radialmente al grupo de expertos, y al mismo tiempo cada uno puede comentar sobre el diseño relacionado con su propia área, los expertos de ensamble consideran los problemas de ensamble, los expertos en planeación del proceso consideran la secuencia de proceso, los expertos de maquinado de metales consideran las herramientas disponibles, nuevas técnicas de maquinado y los requerimientos de diseño, y así sucesivamente. El número de expertos que existen alrededor de la circunferencia varía, pero los típicos que aparecen son:

- ENSAMBLE
- FABRICACIÓN
- INSPECCIÓN
- MANTENIMIENTO
- MERCADOTECNIA

Estos expertos tienen la misión de conceptualizar el producto y optimizarlo desde un acuerdo que es fundamentado por las restricciones de la **funcionalidad, productividad y costos**.

El diseño es transmitido desde el diseñador hacia los expertos, quienes discuten y sugieren cambios en él para satisfacer estas tres restricciones. El diseño es entonces regresado al diseñador quien resuelve los conflictos que se presentan en los cambios sugeridos, lo modifica y manda nuevamente para la evaluación esperando que necesite menos cambios en cada iteración, hasta que finalmente regresará al diseñador sin nuevas sugerencias de rediseño. En este punto, el diseño es considerado factible.

Se puede pensar en la IC como la forma de alcanzar este fin usando cinco elementos interrelacionados:

- Análisis cuidadoso y entendimiento del proceso de fabricación y ensamble. Esto lleva a los diseñadores a predecir el comportamiento del producto y seleccionar los esquemas de producción de entre varias alternativas de procesos.
- Estrategia de diseño del producto, concebida para apoyar la estrategia específica para hacer y vender el producto. El producto debe ser hecho de acuerdo a las especificaciones del mercado, valores del mercado, tiempo de vida y utilidad.
- Racionalizar el diseño de sistemas de manufactura coordinado con el diseño del producto.
- Análisis económico del diseño y alternativas de manufactura para permitir decisiones racionales entre diferentes alternativas de diseño.
- El diseño de sistemas y del producto caracterizado por diseño robusto, esto significa resistencia para errores y ruido impredecibles en producción y funcionamiento. En otras palabras, el funcionamiento del producto debe resistir lo mas posible las variaciones de las dimensiones dentro de las tolerancias.

Las metas de la IC dentro de estos aspectos son:

- Evitar características del componente que son excesivamente caras para producirlo, ej.: especificación de superficies pulidas que son innecesarias.
- Minimizar costos del material o hacer una selección óptima de materiales y procesos.

Otra manera de ver la Ingeniería Concurrente es examinando las etapas de un producto durante el proceso de diseño. La fig. 2.5 muestra el diseño del producto y sistema de diseño (incluyendo procesos de ensamble y producción) y precio de venta, todos trabajando en conjunto. Nótese que el precio de venta, y el costo de producción se saben antes de que los detalles del diseño sean desarrollados. También hay que hacer notar que el proceso de planeación y el diseño del producto son los extremos del óvalo del diseño concurrente, incluyendo dentro de éste a los expertos de cada dominio. La salida del óvalo es una predicción del costo del producto. Esto es preciso conocerlo ya que el producto y el proceso llegan al mismo tiempo. Si el costo de producción es excesivo entonces el rediseño es hecho, comenzando con la reevaluación del precio de venta y el costo de producción. Nótese que después de que los detalles son hechos, el sistema de manufactura puede ser construido. Lo esencial del sistema de manufactura es una salida del óvalo de IC porque el proceso es diseñado al mismo tiempo que el producto.

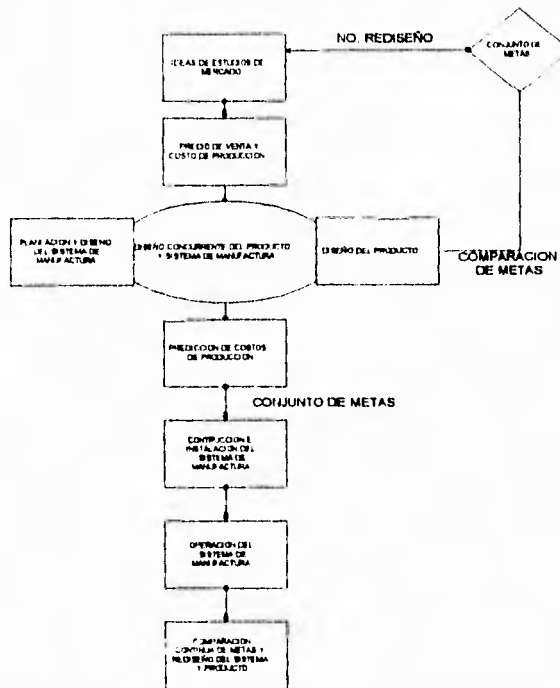


Fig. 2.5 Estados del producto en el proceso de ingeniería concurrente

Es importante hacer notar que para este diagrama y para otros de IC, el diseño es el producto completo, incluyendo todos sus componentes. El mismo esquema puede ser usado para el nivel más bajo de cada uno de los componentes del diseño total, también es importante que para realizar este diagrama se presenten discusiones y compromisos entre la gente, la cual tiene sus propias opiniones, valores y actitudes. El aspecto humano de este proceso es un problema crítico; la implementación real de la IC involucra las relaciones humanas y los arreglos organizacionales e institucionales, los cuales son parcialmente reconocidos. Muchos observadores están convencidos que estas discusiones y compromisos son de las partes más importantes de la tecnología de IC.

Varias fuentes de información listan algunos pasos para el diseño concurrente. Aquí hay una lista combinada de metas que son consideradas en el proceso de diseño concurrente.

- Desde el principio, se incluye a todos los expertos en el proceso como participantes activos en el esfuerzo del diseño.
- No tomar decisiones irreversibles antes de tiempo.

- Optimización continua para el producto y el proceso.
- Identificar los conceptos del producto es inherente para hacer la manufactura más fácil.
- Enfocar el diseño del componente para manufactura y ensamble.
- Integrar el proceso de diseño o de manufactura y el diseño del producto para que cubra mejor las necesidades y requerimientos.
- Convertir el concepto en un diseño viable para ser manufacturado, vendible y útil para aplicar todas las restricciones.
- Anticiparse a los problemas y métodos de fabricación y ensamble.
- Reducir el número de partes.
- Incrementar la intercambiabilidad entre modelos.
- Definir subensambles para permitir que los modelos se puedan identificar por los subensambles.
- Estandarizar rápidamente tipos y medidas, manteniendo bajos costos.
- Identificar los procesos complicados para los cuales los costos y tiempos de procesos, no pueden ser predecidos.
- Usar los procesos existentes y sus instalaciones así la ganancia será alta.
- Dividir productos y procesos en módulos y líneas de ensamble
- Ajustar tolerancias para eliminar fallas durante el ensamble.
- Identificar las áreas de prueba del modelo.
- Hacer el ensamble fácil para minimizar ajustes y reorientaciones.
- Diseñar partes para campo e inserción.
- Determinar el carácter del producto, que métodos de diseño y producción son apropiados.
- Someter el producto a un análisis de funcionalidad para asegurar un diseño correcto.
- Diseñar tomando en cuenta estudios de productividad y uso; preguntar si se pueden mejorar estas funciones sin degradarse mutuamente.
- Diseñar el proceso de fabricación y el de ensamble.
- Diseñar la secuencia de ensamble.
- Integrar la estrategia del control de calidad con el ensamble.
- Diseñar cada parte de manera que las tolerancias sean compatibles con el método de ensamble, y los costos de fabricación sean compatibles con los costos de las metas.

- Realizar el diseño del proceso de fabricación para involucrar a los trabajadores de producción en la estrategia de producción, operar el mínimo de inventario e integrarlo con proveedores capacitados.

2.3.1 PROCEDIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR LA INGENIERÍA CONCURRENTE

La calidad del producto o servicio puede definirse como:

La resultante total de las características del producto y servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de los cuales el producto o servicio en uso satisfará las expectativas del cliente.²

La calidad puede ser expresada como un número de partes de fácil ensamblado, tamaño de tolerancias, funcionalidad, etc.; que en algunas ocasiones se han tomado como definiciones de calidad del producto. Estos términos en realidad son, características individuales, que en conjunto constituyen la calidad del producto o servicio. **La evaluación del diseño es la clave de la IC.** El diseño es considerado como completo cuando los expertos en cada área dan su aprobación, esto significa que cada evaluación del diseño que ha sido terminado es satisfactoria, algunas técnicas serán mencionadas posteriormente. Todas ellas evalúan diferentes aspectos del diseño y medición, esto es, calidad en diferentes aspectos. La Ingeniería Concurrente es la aplicación de una combinación de estas técnicas para evaluar el costo total del ciclo de vida y la calidad.

Algunas de éstas técnicas son las siguientes:

1. Diseño axiomático.
2. Normas del diseño para manufactura.
3. Diseño científico.
4. Diseño para ensamble.
5. El método Taguchi para el diseño robusto.
6. Las reglas del proceso de diseño de manufactura.
7. DFM asistido por computadora.
8. Grupo tecnológico.
9. Fallas y efectos en el análisis.
10. Evaluación de ingeniería.

² Lionel Stebbing, "Aseguramiento de la calidad: Camino a la eficacia y competitividad" De. Cla. Editorial Continental S.A. de C.V., 1a. edición

Esto será definido y ejemplificado en las siguientes secciones.

2.3.1.1 Diseño Axiomático

La optimización de un diseño involucra las consideraciones de todas las disciplinas requeridas para su desarrollo; como lo son la manufactura, funcionalidad, mercadotecnia y mantenimiento del producto. Optimizando un dominio como la manufactura, ya no es necesario optimizar el producto. Sin embargo, no podemos optimizar todo el ciclo entero de manufactura, porque no tenemos el suficiente conocimiento de los detalles del proceso; nosotros debemos basarnos sobre las reglas acerca de qué consideraciones generales deben ser tomadas en cuenta para ser practicadas correctamente en el maquinado. Estas reglas son llamadas axiomas, las cuales pueden ser aplicadas para tomar decisiones a través de la síntesis del sistema de manufactura, estos axiomas constituyen las reglas de decisión las cuales dicen cual es la opción correcta.

Los axiomas tienen dos propiedades fundamentales:

1. Son verdaderos.
2. No necesitan ser demostrados

Los ejemplos de axiomas para optimización del diseño son:

1. Minimizar el número de requerimientos funcionales y restricciones.
2. Satisfacer los requerimientos funcionales desde el más importante hasta el menos importante.
3. Minimizar la información contenida.
4. Separar las partes de una solución si los requerimientos funcionales están agrupados o son interdependientes.
5. Integrar los requerimientos funcionales en una sola parte y si ellos pueden ser satisfechos independientemente para la solución propuesta.
6. Si un objeto es igual a otro, conserva los mismos materiales.
7. Posiblemente hay varias soluciones óptimas.

Estos axiomas son las bases de una librería completa de axiomas, algunos son muy generales como los arriba mencionados y algunos son muy específicos para aspectos particulares del diseño. Los siguientes son corolarios de los axiomas:

1. Contar las partes no es una medida de productividad.

2. El costo no es proporcional a la superficie del área.
3. Minimizar el número y complejidad de las superficies de la parte.
4. Los problemas pueden ser evitados al separar las partes.
5. Use partes intercambiables o estándares siempre que sea posible.

La aplicación de cada uno de los corolarios y axiomas antes mencionados, incrementan el progreso del diseño; esto es a lo que se llama diseño axiomático.

Estos axiomas pertenecen al vasto catálogo de información detallada que se puede obtener de la experiencia del diseñador del proceso, del planeador de ensamble, del planeador de mercadotecnia, del consultor, etc.

Utilizando estos axiomas para diseño, el proceso se puede dividir en dos pasos: El primer paso es el de identificar los requerimientos funcionales que no sean redundantes ni inconsistentes y ordenados desde el más significativo hasta el menos significativo. El segundo paso es proceder con el diseño, aplicando los axiomas para cada decisión del diseño, y no debe violar los axiomas.

Una dificultad con el diseño axiomático es que los axiomas no son ni directos ni fáciles de usar, son bastante abstractos para poder interpretarlos, y consecuentemente, la práctica constante, así como la experiencia sobre el trabajo es muy benéfico. En suma los axiomas no ofrecen ninguna ayuda en la toma de decisiones referente a los compromisos obtenidos. Es común que los axiomas no digan claramente como tomar estos compromisos. En los axiomas el diseñador es alentado a producir muchos componentes sencillos para un ensamble, en lugar de solamente producir partes multifuncionales, esto usualmente incrementa el costo de ensamble, y también eleva el costo de producción de cada parte en el ensamble. También, estos axiomas llevan a los diseñadores, a acentuar el proceso eficiente sobre un ensamble u otros aspectos de producción.

2.3.1.2 Normas del Diseño Para Manufactura

El **Diseño Para Manufactura (DFM o DPM)** es la integración del diseño del producto y la planeación del proceso dentro de una sola actividad, la meta es diseñar un producto que se pueda fabricar de forma fácil y económica. La consideración de las normas de manufactura son una parte esencial del **DPM**.

Las normas del **DPM** se derivan de un conjunto de prácticas de diseño realizadas en forma empírica desde hace muchos años, a partir de la experiencia en diseño y manufactura, ellas difieren de los axiomas del diseño, en que los axiomas son evidentemente verdaderos, ya que no se necesita profundizar. Los axiomas son generados examinando un proceso completo y generalizando principios.

Alternativamente, una norma es un estándar por el cual se hace un juicio, las normas son generadas por diseñadores los cuales opinan acerca de reglas específicas utilizadas durante el diseño.

Estas normas están basadas en el hecho de que el 40% del costo de manufactura son gastos de mano de obra y no se relaciona con el material, tales como el proceso de transporte, manipulación y maquilado. Las normas intentan reducir esta porción del costo de manufactura para tener un resultado en una lista de normas que puedan ser usadas durante el proceso del diseño, estas normas no son directamente para mercadotecnia o para la función del producto. Dicho lo anterior podemos decir que las normas para el **DPM** direccionan las prácticas de procesamiento y ayudan a que este funcione mejor. Existen listados de normas de diseño para una manufactura y ensambles fáciles y económicos. La siguiente lista ha sido realizada en base a estas normas:

1. Diseñar para un mínimo número de partes.
2. Desarrollar un diseño modular.
3. Minimizar las variaciones de la parte.
4. Diseñar las partes para que sean multifuncionales.
5. Diseñar las partes para una fácil fabricación.
6. Minimizar las direcciones del ensamble, diseñar para un ensamble arriba-abajo.
7. Diseñar para un ensamble fácil .
8. Minimizar el desarrollo, diseñar para una presentación que sea manejable.
9. Evaluar los métodos de ensamble.
10. Eliminar ajustes de una parte durante el ensamble.
11. Evitar componentes flexibles, porque son difíciles de manejar.
12. Usar partes de capacidad conocida.
13. Permitir una intolerancia máxima de partes.
14. Usar vendedores y proveedores conocidos y probados.
15. Usar partes de valores de resistencias bajas sin dejar margen de sobre esfuerzo.
16. Minimizar subensambles.
17. Usar la nueva tecnología solamente cuando sea necesario.
18. Enfatizar la estandarización.
19. Usar las operaciones más simples tanto como sea posible.
20. Minimizar configuraciones e intervenciones por parte de los operadores.
21. Hacer los cambios de ingeniería por lotes.

Estas normas de diseño podrían ser consideradas como unas "sugerencias óptimas", para obtener con ellas alta calidad, bajo costo y diseño manufacturable.

2.3.1.3 Diseño Científico

Una alternativa interesante para normas y axiomas es un concepto llamado diseño científico, el cual propone que el diseño puede ser enseñado por ejemplos. La creatividad puede ser simulada dando a el diseñador un catálogo de diseños previamente aceptados.

Por ejemplo, si uno quiere diseñar un producto, la lista de necesidades es desarrollada primero, seguida por la identificación de funciones genéricas tales como su fuerza multiplicatoria (palanca), flujo de masa, etc. Los catálogos pueden ser entonces usados para encontrar maneras de implementar estas funciones genéricas, y están arreglados por morfología (forma), tipos de energía o tipo mecánico. Los productos resultantes son diseñados únicamente para una sola función. No hay consideración de manufacturabilidad y consecuentemente esta técnica no conduce a la ingeniería concurrente.

2.3.1.4 Diseño para Ensamble

Un subgrupo del proceso total de manufactura es el ensamble de partes. La llave importante para el éxito del **DFM** o **DPM (Diseño Para Manufactura)** es el proceso de **Diseño Para Ensamble (DFA)**. Se estima que el total del 50% de los costos de manufactura son empleados en el proceso de ensamble. Los diseñadores típicamente diseñan para dar funcionalidad y quizás alguna vez para manufactura, pero raramente consideran el proceso de ensamble. El método más conocido del **DFA** es un grupo de procedimientos desarrollados por **Boothroyd y Dewhurst** en la Universidad de Massachusetts y más tarde en la Universidad de Rhode Island.

Las dos partes del **DFA** incluyen, primero, un catálogo de formas y tipos de partes, clasificados por métodos de grupos de tecnología de acuerdo a su facilidad de alimentación por los sistemas alimentadores y facilidad de ensamble por medios manuales y automáticos. Las estimaciones son dadas por los tiempos de ensamble. Un diseñador puede estimar el tiempo de ensamble para todas las partes consultando este catálogo. Los tiempos de ensamble usualmente son directamente proporcionales a los costos de ensamble.

La segunda parte del **DFA** es un fundamento de reglas, puntos y preguntas concernientes a la buena práctica del **DFM**. La técnica se manifiesta como una serie de módulos de software. Los resultados son presentados como una lista de costos para ser usada por varios sistemas de ensamble junto con la estimación de costos de la versión manual o automática de ensamble para el volumen de producción.

Una vez que es determinado cuál método de ensamble será utilizado, el usuario da el procedimiento para optimizar el mismo ensamble. Los códigos de partes son dados como repuestas a preguntas de geometría, función y anticipación de problemas. Los códigos le dan

una idea al diseñador de los costos de ensamble y las posibles situaciones de cuellos de botella en el ensamble o grandes costos. Finalmente, el diseñador resuelve las preguntas para determinar el número mínimo de partes en el ensamble basados en el movimiento relativo de las partes, diferentes materiales requeridos y la repetición de ensamble-desensamble de ciertas partes para permitir el ensamble de otras partes. El software dirá al usuario si las partes deben ser eliminadas o quizá combinadas para ser multifuncional el ensamble. Este último paso también está relacionado con las partes individuales geométricas y puede que ellas contribuyan a hacer más fácil el ensamble. El sistema asigna puntos de sanción para esas partes en términos de incremento de tiempo de ensamble manual, y esto a su vez incrementa el costo de ensamble. La automatización del ensamble requiere que esas partes sean aceptadas para el manejo automático.

Para partes que son orientadas automáticamente, conviene destacar proyecciones y ranuras que deben ser presentadas a el alimentador a usar. El paquete sabe que las partes pequeñas también deben ser ensambladas y algunas veces cuestan más de ensamblarse que un molde o una parte más grande aunque sea más cara. Estas pequeñas piezas pueden incrementar el costo de producción más del 40%.

Hay otros métodos de **DFA** además de la técnica de Boothroyd-Dewhurst. El **Método de Evaluación de Ensamble**, desarrollado por Hitachi, asigna puntos de sanción para cada paso del ensamble. Un proceso empieza con 100 puntos y es penalizado por el número de movimientos separados requeridos para conseguir uno igual junto con el número de movimientos del eje. Una operación de enroscar-girar podría ser penalizada más que una de presionar, por ejemplo. Las partes con menos de 90 puntos después de deducciones son sujetas a rediseño. Este método ha sido adoptado por varias compañías. El método tiene la ventaja de ser educacional en el sentido de que involucra a los diseñadores en el hecho de que el costo depende del diseño. Esto también da a los diseñadores alternativas más mesurables en términos de costos relativos al ensamble.

Otra parte importante del **DFA** es la secuencia de los mismos pasos del ensamble. Dado un grupo de partes para ensamble el problema es determinar una secuencia óptima. En este caso la palabra "óptima" significa bajos costos y a su vez bajos costos significa menos pasos de ensamble; menor número de reorientaciones de las partes (llamadas transformaciones), y la secuencia más lógica. Nosotros podemos pensar en un grupo de partes que tengan ajustes de ensamble, esto es, movimientos relativos y conexiones entre dos partes.

Un método adicional para establecer la secuencia de ensamble es el determinar todas las secuencias posibles de desensamble y después invertir las. Esta técnica es algunas veces más fácil de conceptualizar para el proceso de ensamble ya que éste es limitante. La gente puede visualizar el desensamble más fácilmente que el ensamble.

CASO DE ESTUDIO: VW (GOLF Y JETTA)

El GOLF fué el primer automóvil de la VW que se desarrolló bajo una forma de Ingeniería Concurrente (IC). De hecho la directiva permitió que se demorara la introducción del carro por un año mientras cada una de las partes era examinada desde un punto de vista de procesamiento. Usualmente, de acuerdo a los estándares del DFA una de las primeras metas es diseñar con el mínimo número de partes en un ensamble. Un resultado de la IC sobre el GOLF fué la adición de una parte en la defensa para permitir que el frente de el carro acepte la instalación de el motor y la transmisión por medio de un robot en un solo movimiento. La instalación del motor fué el cuello de botella en las operaciones de ensamble de un carro, durando típicamente 1 min. Sumando la parte de la defensa y la instalación robótica reduce este tiempo a 26 s. Esto significa que la línea completa de ensamble podría ser basada sobre un ciclo completo de tiempo de 26s en vez de 1 min.

Otro principio del DFA es reducir el costo de cada parte en el ensamble, la VW encontró que el uso del tornillo de punta conica, que cuesta 18% más que el tornillo de punta plana estándar permitió que más ensambles fueran hechos por robots en vez de humanos, ahorrando tiempo y dinero. En un efecto colateral interesante, estos nuevos tornillos llegaron a ser tan populares en las fábricas de autos de Alemania, que después de 2 años el precio fué reducido más que los viejos tornillos de punta plana por el volumen que estaba siendo ordenado.

Estos dos ejemplos ilustran que siempre los procedimientos son establecidos para ahorrar los costos y optimizar la manufactura y el ensamble, algunas veces estos procedimientos pueden ser reevaluados. Dos reglas básicas fueron violadas en el ejemplo de arriba con el resultado de un diseño mejor y de bajo costo. La moraleja aquí es que cada caso individual debe ser examinado separadamente en vez de depender ciegamente de las reglas.

2.3.1.5 El método Taguchi para el Diseño Robusto

Hemos tratado rápidamente tanto el diseño para manufactura como el diseño para ensamble pero no hemos enfocado como afirmar que el producto es producido con un alto nivel de calidad. Esto es, queremos garantizar que la parte funcione sin importar cuáles son las circunstancias. Esto es llamado *Diseño Robusto* y es tratado por el método *Taguchi* para optimización de productos y procesos. La meta es determinar un grupo razonable de tolerancias que se reflejen tanto en la función de la parte como en una manufactura realista. Típicamente, las tolerancias son fijadas de una forma errática y la mayoría de las veces sin ninguna razón. Usualmente las tolerancias son valoradas en un rango que un obrero o proceso pueda manejar, siempre que la tolerancia sea más justa para que el producto funcione. El método Taguchi utiliza el diseño de experimentos estáticos para seleccionar los parámetros importantes del diseño y establecer tolerancias, que al menos estadísticamente, producen una buena parte. Otros componentes del método Taguchi son el *diseño de sistemas*, que se describiría como el desarrollo del concepto del producto; y el *diseño de*

tolerancias que comprendería el cambio de tolerancias y propiedades de los parámetros de diseño que no producen la calidad deseada.

Un componente primario del método Taguchi es el *diseño de parámetros*, la determinación de los parámetros del producto, como las características funcionales del producto son optimizadas y tienen un mínimo de sensibilidad para ciertas características que no son controlables dentro de la calidad del diseño. Típicamente estas características son una variable impredecible todavía, largamente comparada con las tolerancias deseadas.

"La calidad de un producto es la mínima pérdida de ejecución reportada por el producto a la sociedad desde el momento en el que es enviado o embarcado o puesto en el mercado". Esta declaración del Dr. Genechi Taguchi expresa una filosofía de que los productos deben minimizar esta pérdida para la sociedad para que éstos sean de buena calidad. Para hacer esto, los productos o servicios deben ser funcionales aun cuando son expuestos a algunas pruebas. La meta de los parámetros de diseño es minimizar esta pérdida haciendo al producto funcionalmente aceptable bajo variaciones en el diseño de parámetros. La clave es identificar los parámetros con los cuales se tiene el mayor efecto sobre el desempeño del producto, y diseñarlo para desensibilizar la función de variaciones en los parámetros.

En suma, el método Taguchi del diseño de parámetros ayuda a producir un producto robusto el cual es mínimamente sensitivo a los factores de ruido y consecuentemente podría producir mayor consistencia en la calidad.

2.3.1.6 Las reglas del proceso de diseño de manufactura

La meta principal para el personal de manufactura es prevenir a los diseñadores de las restricciones relacionadas con el proceso durante el diseño, antes de que el diseño sea irreversiblemente puesto sobre papel. Las reglas del proceso de diseño son típicamente guías de procesos específicos o reglas especializadas para una industria en particular. Por ejemplo la industria automotriz utilizaría las reglas del proceso de diseño para la formación de la hoja de metal para producir el cuerpo del carro. Estas reglas incluirían un mínimo de radio de curvatura, máximos ángulos de inclinación sobre el cuerpo y la relación entre la forma y las curvas. El diseñador consultaría estas reglas durante el proceso de diseño, antes de que sea demasiado tarde o caro para incorporarlas a las consideraciones del DFM.

2.3.1.7 Diseño para manufactura asistido por computadora

Las reglas de diseño, DFA, Taguchi y las otras técnicas pueden ser implementadas sobre la computadora como una herramienta para los diseñadores. Esto usualmente es el método de manufactura específico, ya que la gran parte del conocimiento necesitará incluir un diseñador sobre cada faceta de manufactura. Un ejemplo podría ser una herramienta que asista al diseñador con partes que fueron hechas por procesos de inyección de moldes. El esfuerzo ha producido una herramienta de computación para guiar al diseñador en el diseño

de componentes de inyección de moldes, seguido por un diseño para definir la geometría, dando al usuario una interface entre las respuestas a consultas acerca de tipos de materiales, compuertas y la información acerca de características específicas de la parte.

2.4 COMPARACIONES ENTRE LOS DOS METODOS

La diferencia entre las técnicas tradicionales y la Ingeniería Concurrente es que estas tareas son ejecutadas, no por grupos individuales especializados, sino por **un equipo multidisciplinario de expertos** o un conjunto de equipos en el cual cada experto domina por igual el diseño. Una distribución más deseable en el costo del ciclo de vida del diseño es mostrado en la fig. 2.6 y es un resultado de la Ingeniería Concurrente.

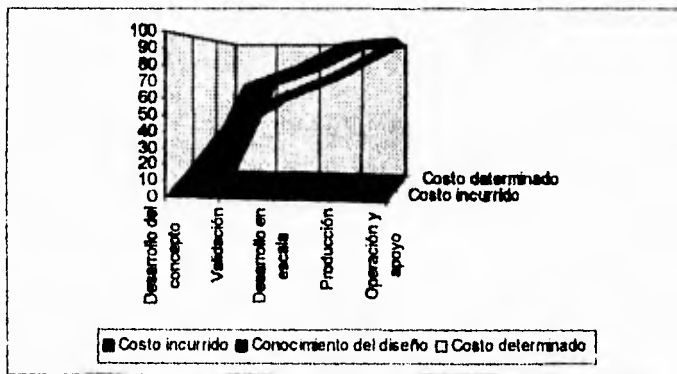


Fig. 2.6 Una distribución más deseable del costo de vida del ciclo del diseño

CONCLUSIONES

El proceso tradicional para el desarrollo de un producto es una secuencia de pasos que permite al diseñador desarrollar un producto desde su diseño hasta su manufactura.

Este proceso en la fase de diseño y análisis se auxilia generalmente de un sistema CAD cuyas utilerías de modelado geométrico, graficación, paquetes de análisis, dimensiones, tolerancias y planeación, permiten llevar acabo la conceptualización del diseño, su modelado, simulación, análisis, optimización y documentación.

Para la fase de manufactura, el sistema CAM cuenta con técnicas CAPP, de análisis de costos de material y especificación, simulación y programación del ensamblado.

La Ingeniería Concurrente es un método donde interviene un equipo multidisciplinario que trabajan en forma conjunta para obtener una meta en común. Para llegar a este objetivo se necesita contar con los siguientes factores: equipos de trabajo, utilerías, disciplina y recursos técnicos.

La integración de estos factores nos permite tener una mejor toma de decisiones y alargar el ciclo de vida del producto.

Las disciplinas que intervienen en la IC tienen como función optimizar el producto desde el punto de vista de funcionalidad, productividad y costos.

Un punto importante para la IC es la evaluación del diseño, ésta se hace mediante la combinación de técnicas que en conjunto con la aplicación de IC ayudan a especificar el ciclo de vida y la calidad del producto.

Haciendo la comparación entre los dos métodos de diseño (IC y método tradicional) concluimos que la ventaja de aplicar IC es que se llega a obtener un producto con mayor calidad y menor costo en un tiempo menor que con el método tradicional.

CAPITULO 3

**RECURSOS NECESARIOS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA
INGENIERÍA CONCURRENTE**

3.1 PREREQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCURRENTES

3.1.1 EVALUACIÓN DE APTITUDES DEL PERSONAL QUE INTERVIENE EN EL PROYECTO DE INGENIERÍA CONCURRENTES

La implementación de un programa de IC, y sus primeros requerimientos deberán ser implementados desde los niveles más altos (niveles gerenciales). Este programa no deberá ser responsabilidad únicamente del gerente de diseño, ya que una vez que el plan ha sido aceptado, deberá decidir quién va a ser el líder del proyecto. Para esto, es necesario que se asegure de que el proyecto no se convierta en algo pasajero para los departamentos dentro de la empresa, sino que se convierta en la filosofía de la misma.

En algunos casos no será suficiente instruir al personal sólo en el diseño del producto e ingeniería de manufactura, sino que también el personal debe de tomar una nueva actitud para el cambio que se va a originar, y en algunos otros casos será necesario cambiar hasta la estructura de la compañía. Una vez alcanzado este cambio de actitud se deberán definir las estrategias de negocios que se seguirán, y se asignan los diseñadores del producto, ingenieros de manufactura, y otros especialistas.

3.1.1.1 Hacer cambios estratégicos

Para implementar IC deben hacerse los cambios que se consideren necesarios para que el personal tenga una nueva manera de pensar y de actuar; cambiar la manera de pensar de la gente sobre el desarrollo del producto es la clave para que funcione IC. Expertos en la materia han admitido que es necesario cambiar la cultura de la empresa, lo cual es lo más difícil al implementar IC; aunque de primera instancia el concepto de IC es simple, el hacerlo funcionar es difícil.

Una cosa si es clara, si los esfuerzos que se hagan no se toman en serio al intentar cambiar la cultura de la empresa, los grupos de trabajo que intervendrán en la IC probablemente terminarán como grupos pequeños bajo el mando de otros departamentos.

Estos son dos aspectos importantes para que este cambio de cultura llegue a las empresas:

- **Cambiar actitudes de todo el personal hacia la calidad y tener prioridades en los negocios.**
- **Cambiar la cultura de la gente de tal manera que los esfuerzos realizados para implementar IC, sean los esperados.**

El personal de la empresa debe tener bien definido el concepto de calidad y lo que el cliente necesita del producto, para esto debe tener en cuenta los detalles del producto o servicio, ya que con el aspecto del producto el cliente podrá evaluar de manera superficial la calidad del producto ó servicio; **IC** trata de dar a los clientes los requerimientos o necesidades que pidan y así como un buen servicio a través de la vida del producto, ya que esto puede dar una imagen de como trabaja la empresa.

El cambio de cultura en una empresa es importante para la implementación de **IC**. En una pequeña ó mediana empresa el líder de un grupo de trabajo puede dirigir la implementación de **IC** como un guía, y será responsable de decidir cómo se implementará y que modificaciones serán necesarias en el sistema de **IC**, así mismo tendrá que cerciorarse de que el personal no tenga dudas acerca del procedimiento que deberá seguirse, ya que de esto dependerá el buen funcionamiento de **IC**; también es importante que el personal entienda porque **IC** ha sido adoptado y que se desarrollará continuamente, y que no solo es una prueba que será sustituida dentro de la empresa en algunos meses.

Para poder cambiar la cultura en la empresa, deberá adoptarse un programa para todos los niveles donde la importancia de la calidad sobresalga. Si se tiene ya implementado un programa de **TQC (Total Quality Control / Control Total de Calidad)**, no será necesario trabajar con algún otro programa.

Como parte de la implementación de **IC** dentro de una empresa, se debe de tomar en cuenta a todo el personal con experiencia, ya que se pueden aprovechar sus conocimientos en otras áreas, y así la implementación del programa podrá ser más sencilla.

En esta etapa es importante que una infraestructura sea desarrollada para soportar el sistema **IC** y es inevitable que estos cambios produzcan descontento entre el personal que quiere conservar su misma rutina de trabajo y no quiere perder su jerarquía frente a los grupos de trabajo que intervienen en **IC**, y la compañía no debe permitir que estas críticas internas interfieran con la implementación de **IC**, mientras tanto el comité encargado deberá estar trabajando para incrementar el campo de acción de **IC** en otras áreas.

Para llevar a cabo esta acción, el comité encargado, debe establecer un programa de entrenamiento para todo el personal que estará involucrado con **IC**, y así poder formar el primer grupo de trabajo, al principio este entrenamiento será considerado como la filosofía de **IC** y de los cambios que se realicen en la cultura de la empresa.

Desde el inicio, la compañía debe capacitar a la gente para que puedan aplicar los conocimientos básicos de **IC** - conocimientos en **QFD (Quality For Design)**, **DFMA (Design For Manufacture and Assembly)**, y el **Método Taguchi para el Diseño Robusto** podrían ser un buen comienzo. Después se debe de dar un entrenamiento ya más especializado de cada una de las áreas, y profundizar dentro de los conocimientos de **IC** dependiendo de si el tamaño de la compañía es pequeño o grande, también se debe de tomar en cuenta que la gente debe ser motivada para que puedan entender y tener un criterio más

amplio de lo que implica desarrollar el producto y el proceso de producción, y adquieran un sentido de responsabilidad más amplio en las tareas que cada uno desarrolle.

Cuando el personal entienda que el compromiso con IC es real, podrá observar que el concepto de la "nueva cultura" constantemente irá cambiando hacia un mejor desarrollo, tanto para la empresa como para ellos, ya que lo vivirán día con día y se volverá algo normal dentro de la empresa, a la gente que no este conforme con el método de IC se le pedirá que de propuestas para mejorarlo y se evitará que siga realizando su trabajo de manera a la que estaba acostumbrado, ya que uno de los factores más importantes de IC es comprometerse a cambiar los viejos métodos, así como también darle al grupo de trabajo los recursos necesarios para el desarrollo del método y poder formar un comité que se encargue de revisar los procedimientos ya que si es necesario deberán ser actualizados.

Hay algunas normas importantes para que la implementación de IC pueda tener mayor éxito, algunas conciernen al control, y otras con la metodología de la empresa. Unas de las más importantes son listadas a continuación.

1. El gerente general necesita tener un mayor acercamiento hacia los grupos de trabajo, y los líderes deberán de proponer los cambios que sean necesarios, tanto en entrenamiento como en nuevo equipo que sea requerido para mejorar la efectividad de IC. Una buena manera sería informar a la gente tanto de las oficinas como la de las plantas de trabajo del desarrollo de IC, para que estén al tanto de que realmente se esta llevando a cabo y de como se está desarrollando.
 - a) El gerente debe enfatizar que ahora toda acción en la corporación tiene más de una meta, como el mejoramiento del desempeño en los negocios, el cual significa beneficios mayores para la empresa. Por ejemplo, invirtiendo en CAD deberá aumentar la eficiencia en el diseño. No será inmediatamente, pero los usuarios deberán ser entrenados para que dentro de un período de tiempo, se pueda notar el mejoramiento en la inversión. Esto se aplica a cualquier tipo de inversión, sin embargo esto no es suficiente para que IC se desarrolle eficientemente.
 - b) El gerente necesitará también un plan de emergencia para ampliar los tiempos que se habían establecido, en caso de que los límites de los tiempos establecidos sean sobrepasados, y los nuevos desarrollos de productos se vean afectados, ya que el tiempo que se les tenía asignado deberá reducirse para poder cumplir con lo establecido. Por lo tanto, parte de los grupos de trabajo de cada departamento deberá enfocarse a las nuevas tareas del nuevo proyecto y el resto finalizará el proyecto anterior.
2. Los líderes con mayor experiencia en IC deberán ser seleccionados para integrar los comités, usualmente son de la rama de ingeniería, pero algunas compañías también seleccionan al gerente de la planta o uno de los gerentes funcionales como líderes. Con el tiempo estos líderes de los comités podrán obtener más experiencia en IC, se volverán expertos en el tema.

3. Es necesario implementar una buena organización dentro de los comités, ya que esto permitirá que cada uno de los miembros entienda la función de su trabajo y así puedan trabajar en conjunto. Así mismo cuando se realicen las juntas de trabajo ya sean semanales o mensuales deberán de estar atentos a ellas por que esto les ayudará a trabajar en conjunto y podrán tener espíritu de unión.
4. Los miembros de los grupos de trabajo deberán desarrollar un documento donde se indique de que manera se ha planeado cumplir con las metas propuestas, y deberán estar trabajando en ellas para poder cumplirlas. Para esto también deben de programar las fechas en las cuales harán revisiones de los proyectos que están desarrollando y tendrán que considerar cierto tiempo para poder controlar sus proyectos atrasados y así lograr un mayor beneficio.
5. En las empresas grandes, los comités estarán compuestos de pequeños grupos de trabajo, los cuales deberán de llevar juntas entre ellos frecuentemente para que los miembros comprendan el proyecto en su totalidad y el progreso que ha tenido.
6. Los comités deberán de poner más atención a sus clientes y los grupos de trabajo deberán involucrarse más con las necesidades de estos.
7. La capacitación es un punto importante para implementar IC. Los métodos de capacitación deberán ser controlados por el comité guía y dependerán de las diferentes técnicas que se requieran. Las sesiones de capacitación deberán ser la base para:
 - Unir a los miembros de los grupos de trabajo
 - Establecer la necesidad de hacer todo bien desde el principio
 - Tomar los punto importantes para tener mayor calidad
 - Las diferentes etapas en el proyecto
 - Las diferentes técnicas que se tomarán, tales como Calidad para el Diseño, Método Taguchi para el Diseño Robusto, y Diseño para Manufactura y Ensamble.
8. Los ingenieros de diseño y de manufactura deberán capacitarse para desarrollar su trabajo con mayor calidad. Para esto deberán ser puestos al tanto de los detalles y limitaciones de las técnicas que serán usadas en la fabricación del producto.
9. La capacitación para los gerentes de compras, servirá para que tengan un criterio más amplio entre el costo/desempeño de los productos y máquinas. A su vez tendrán que tener conocimientos acerca del proceso de sus plantas, así como las de sus proveedores, y de esta manera podrá mantener una relación estrecha entre ambos y obtener un beneficio mutuo, y la idea de que lo más barato es lo mejor y de que al representante de ventas solo se le verá cuando se discutan los precios, deberá ser desechada, ya que esto detendría parte del progreso.

10. Se hará una selección de un cierto número de compañías para analizar cuales serán los mejores proveedores tanto de artículos de maquinaria como de componentes, ya que serán tomados en cuenta para formar parte del grupo de trabajo; de esta manera los problemas que se presenten podrán ser solucionados sobre la marcha, y el proveedor ganará conocimientos que le permitirán hacer mejor su trabajo, mientras que el cliente ganará mayor eficiencia.
11. Cuando el análisis de los procesos del producto y de costos ya hayan sido aceptados, mediante una técnica apropiada para estos, entonces se dará a conocer el concepto del producto. Esto es importante tomarlo en cuenta, ya que no puede dejarse hasta el final del diseño, porque si no habrían fallas en el diseño y repercusión en los costos.
12. Un cambio inesperado en el mercado o entre los productos de la competencia podría causar mucho daño en el desarrollo del producto. Por esto el grupo de trabajo debe estar observando y evaluando que cambios se pueden realizar en el producto y llevarlos a cabo.
13. Los miembros de los grupos de trabajo deben estarse actualizando constantemente.
14. Los grupos de trabajo necesitan ser motivados, desde que inicia IC, y los problemas que vayan surgiendo deben ser resueltos de la manera más efectiva posible.
15. El apoyo que se le brinde al proyecto es muy importante para su éxito, de esta manera los miembros del grupo de trabajo estarán atentos cuando se lleguen a cumplir los objetivos establecidos para este.

Las pequeñas compañías no necesitan preocuparse de que son muy pequeñas para introducir IC. En este caso, son las grandes compañías las que tienen la mayoría de los problemas, porque tienen jerarquías muy bien establecidas y estructuras de control que necesitarán ser cambiadas. Por el contrario, en una pequeña compañía, mientras menos rígida sea la estructura de control permite que las decisiones sean más rápidas, y mientras menor sea el número de equipos de trabajo podrán ser controlados más fácilmente.

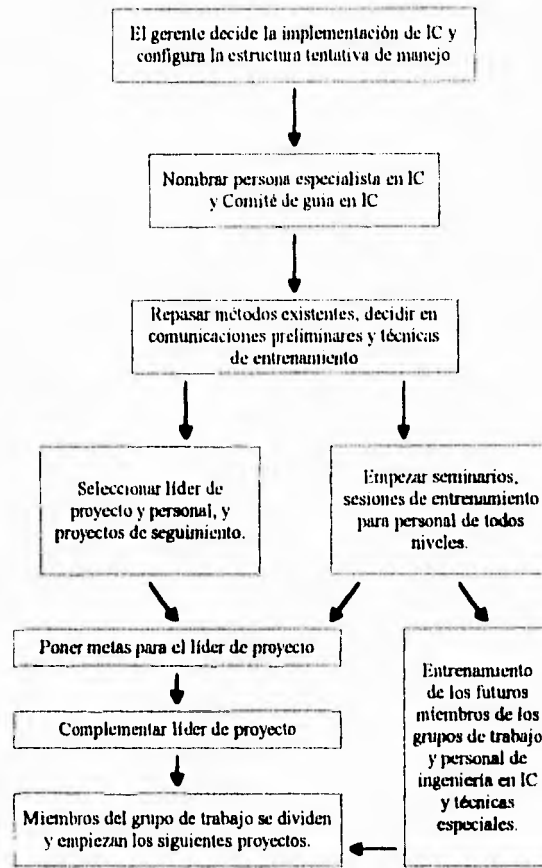


Fig. 3.1 Se requieren varios pasos antes de que se implemente la ingeniería concurrente, y el proceso empieza con el compromiso total del gerente general

La combinación de un equipo multidisciplinario de IC da a la corporación un buen comienzo. Con el uso diligente de QFD, el grupo de trabajo encontrará justamente lo que tiene que hacer para satisfacer al cliente. En otras palabras, entre más competitivo se convierta el negocio, la ingeniería concurrente se convierte en más esencial.

El futuro de IC en cualquier compañía no tiene límites arbitrarios, ni limitaciones impuestas desde afuera, ya que IC se convierte en dependiente total del buen ó mal manejo de la compañía, debido a que muchas gentes dentro de la organización se opondrán al proyecto, y sienten que han sido desplazados por los grupos de trabajo. Sin embargo tendrán que aprender a convivir con ello y aceptar que ya no dependerán directamente del gerente, sino de los líderes de los grupos de trabajo, que se encargarán de poner en orden las situaciones que se presenten.

3.1.2 DIAGRAMA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

En la fig. 3.2 podemos observar esquemáticamente los dos procesos del desarrollo de un producto, en el Proceso Tradicional se puede ver que es por pasos y que el diseño únicamente se desarrolla en dos fases, después se procede con el análisis, ya que se hace este paso se hacen los cambios necesarios y por último se procede a hacer los prototipos. En el proceso de la Ingeniería Concurrente podemos observar lo contrario, entre las áreas hay una comunicación en la fase del diseño del producto y al mismo tiempo se hace el análisis, las pruebas, etc. Es por eso que la Ingeniería Concurrente es una combinación de disciplinas que simultáneamente desarrollan sus tareas para poder llegar a las metas deseadas en el menor tiempo y con el menor costo.

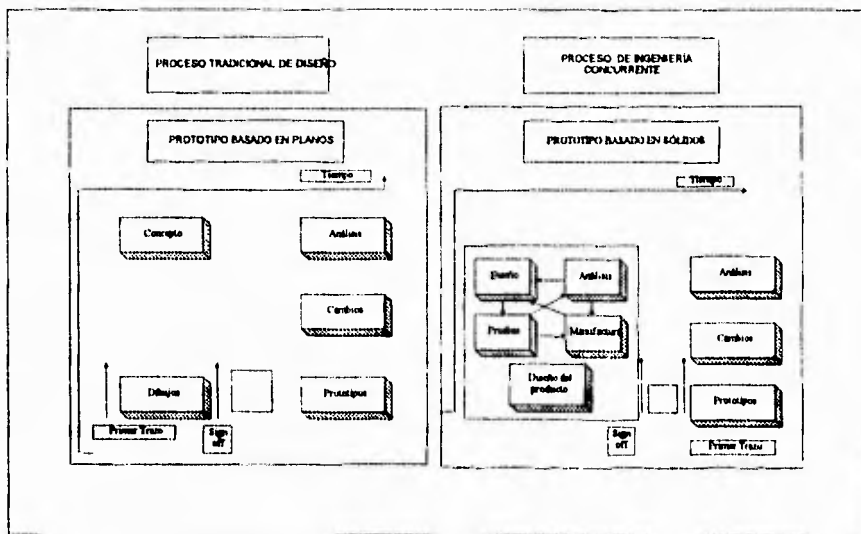


Fig. 3.2 Esquema del proceso de ingeniería concurrente

3.1.3 EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA ACTUAL DISPONIBLE

Los gerentes e ingenieros de manufactura deberán de evaluar estrictamente cada equipo que no sea necesario para el proyecto -tales como montacargas, convertidores, amortiguadores, almacenadores, etc. Si para algún diseño el equipo que se tiene no sirve deberá de considerarse la eliminación o el cambio de este, y si se tiene alguna modificación en el diseño también deberá de tomarse en cuenta el equipo que se utilizó porque quizá ya no se vaya a utilizar el mismo y deberá ser cambiado o eliminado.

Los ingenieros de manufactura deben involucrar a los proveedores de las herramientas de la maquinaria en el equipo de trabajo, y ya sea construir o comisionar la construcción de aulas de investigación para evaluar nuevos métodos de manufactura junto con ellos; la idea de construir estas aulas es para que realmente sean productivas y que no sean espacios mal aprovechados.

Un punto importante es que si no se cuenta con este tipo aulas se puede presentar una situación en la cual un competidor introduce un producto al mercado con nueva tecnología, y la empresa en ese momento no puede ser competitiva en ese aspecto. Como ejemplo podríamos mencionar el caso de Canon que introdujo su copiadora láser a color, esta máquina no solamente produce copias de alta calidad si no que también da al operador varias formas de edición, como el cambio de la proporción de los originales o el cambio de colores. Al mismo tiempo, un gran competidor estaba a la mitad de un programa que desarrollaría una máquina monocromática con presentaciones similares y precios similares, pero no a color. La fuerza de trabajo vio que la máquina no podría ser competitiva, y que tratar de reducir algún costo del producto no sería de gran ayuda. El simple detalle fue que no se tenía la tecnología fundamental para desarrollar el producto. El proyecto por lo tanto fue abandonado.

¿ Como puede ser evitada una situación así ? A menos que una corporación pueda garantizar que siempre será el líder en desarrollo de tecnología, las empresas que compiten dentro del mercado rara vez podrán tener en completa satisfacción al cliente.

En la industria de computadoras personales, los productos pueden estar almacenados esperando el momento correcto para que puedan ser introducidos al mercado, **el momento correcto es cuando el cliente demanda el producto, o cuando la competencia lanza el artículo y el cliente responde positivamente.** La peor acción que puede ser tomada es apresurar el sistema hacia una producción sin calidad, porque la competencia ya lo ha hecho. La disciplina, y la premeditación en que se desarrolla el grupo de trabajo, reducirá las sorpresas y hará que la corporación responda mejor a las demandas del cliente.

Se les debe permitir a los clientes opinar de que tan a menudo los modelos deben ser cambiados; ya que ellos no querrán que el modelo sea renovado cada año, especialmente si el producto es duradero.

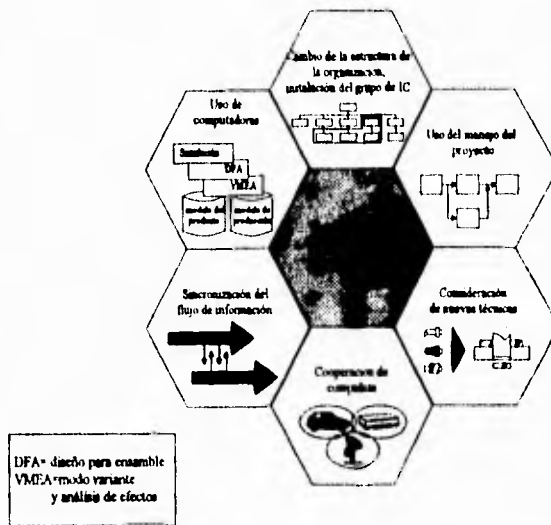


Fig. 3.3 Integrando la IC, es necesario coordinar la explotación de nuevas técnicas de manufactura, métodos de manejo e información de tecnología

3.2 REQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

3.2.1 GRUPOS DE TRABAJO

3.2.1.1 Liderazgo

Hay diferentes opiniones acerca de que si debe haber o no un líder dentro de los grupos de trabajo; algunos opinan que el imponer un líder en el mismo grupo es contraproducente, y que todos los miembros deben ser iguales, un ejecutivo de una gran compañía estadounidense con gran experiencia en IC explicó que no hay normas, y ninguna decisión se deja de tomar por un desacuerdo dentro de la agrupación- por supuesto, ellos pueden aplazar las decisiones por falta de información o porque hay tiempo de sobra u otras prioridades.

De cualquier manera, en esa compañía, si dos miembros del grupo no están de acuerdo en algún punto, se les reúne para que discutan y propongan una solución; cuando esto sucede se pueden aportar ideas y ver otros puntos de vista de los cuales los demás integrantes del grupo no tomaron en cuenta. Esto es difícil de adoptar para las grandes compañías, ya que están acostumbrados a la existencia de fuertes líderes y del éxito individual, y no a los éxitos en grupo. En un momento se puede proponer un líder para el grupo, y su función será de una especie de secretario; cuyo trabajo es dar a las juntas una estructura y asegurar que el tiempo sea realmente aprovechado.

Otros toman diferentes puntos de vista y buscan líderes potenciales para sus grupos de trabajo, los cuales deben contar con un carácter fuerte para que pueda dirigir al grupo, sin llegar a ser dominante. Este tipo de líder debe ser capaz de obtener lo mejor de la gente, cada una de las cuales tiene diferentes características, y sobre todo, debe ser un buen organizador de grupos, ya que si algunos miembros de un grupo creen que sus ideas no son tomadas en cuenta, pronto dejarán de ser miembros productivos.

Los líderes primero que nada deben dedicarse totalmente al concepto de IC y segundo, deben ser gente profesional capaz de tomar decisiones rápidas asegurándose de que todos las tomen en cuenta. Si algunos miembros del grupo no pueden captar algunas cosas a simple vista -que es común en las primeras etapas de IC- los líderes deben reunirlos y mostrarles que deben considerar esa idea aunque parezca muy absurda.

Cuando los diseñadores sirven como líderes de grupo, como comúnmente suele suceder, deben estar dispuestos a escuchar las ideas que provienen fuera del departamento de diseño ya que si ven el diseño como algo que sólo compete a ellos, entonces el grupo de trabajo no estaría estructurado adecuadamente, y estos líderes deberían ser suprimidos del equipo.

Claramente, los líderes de la agrupación no deben de buscar dominar a otros, sino establecer el ambiente en el cual las ideas sean captadas.

3.2.1.1 Tipos de grupos de trabajo

Una vez que la compañía decidió adoptar IC y crear una agrupación para controlar el proyecto piloto, el siguiente paso es decidir el tipo de grupos de trabajo que se va a adoptar. Estas son las opciones básicas:

- Un grupo de preconcepto de cuatro a cinco gentes - desde el diseño del producto, manufactura, mercadotecnia, y probablemente finanzas y servicio - el cual se expande a una agrupación completa una vez que es alcanzada la etapa del concepto.
- Un grupo de trabajo para tomar el producto desde el preconcepto hasta la producción. Es importante establecer los puntos de corte satisfactoriamente en producción total, para que no solo trabaje una sola persona, sino, para que el grupo este al tanto de los problemas en las primeras etapas de la producción.

- Un grupo de trabajo que empieza en la etapa del preconcepto y continua tan lejos como el producto este en producción, es como ser un centro de inversión o un equipo de negocios, contable para todas las ganancias del producto desde el principio hasta el fin. El tamaño de los grupos de trabajo variará de acuerdo a la etapa del proyecto, empezará pequeño, crecerá a un tamaño completo después del concepto, y después disminuirá una vez que se alcanzó la producción.

En la práctica, una combinación entre demandas económicas y de mercado dirán a los grupos de trabajo cuando reemplazar un modelo existente. Sin embargo, algunos fabricantes toman en cuenta que no pueden reducir la vida del producto más de cinco años porque este periodo es necesario para amortizar la herramienta.

La forma en que trabaja un departamento de ingeniería es tal que el desarrollo de un nuevo programa comienza al mismo tiempo que termina una anterior. Algunos ingenieros necesitan trabajar en otras fases y en otras mejoras, dejando las otras partes en manos de los grupos de trabajo.

3.1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS A LARGO PLAZO

Los ingenieros en manufactura serán entrenados para mejorar la eficiencia de su equipo con las aplicaciones de **DFMA** y aplicar el mismo ciclo de vida a la planta, así como los grupos de trabajo lo aplican a su producto. Por lo tanto deberá de tomarse en serio cada decisión que tomen y que se relacione con el proyecto ya que esto beneficiará o perjudicará a la empresa en cuanto a ganancias y el nivel de competencia que pueda tener en el futuro.

Por eso las metas son esenciales, y aquellas que se propusieron al principio necesitan ser revisadas y actualizadas gradualmente. Por ejemplo, una vez que la introducción del ciclo del nuevo modelo ha sido cortado de 54 a 48 meses, o de 24 a 18 meses, una nueva meta sería reducir de un 15 a 25 % el tiempo.

Las metas deben ser definidas desde el principio, ellas pueden ser difíciles de lograr, pero los líderes deben concentrar sus esfuerzos en las actividades de los miembros de los grupos de trabajo y en tratar de cumplir con las metas establecidas. Por ejemplo, cuando Chrysler integró **IC**, estableció la meta de reducir el costo unitario total de cada vehículo por \$2,500 (Dls.). Automóviles Lucas estableció las siguientes metas:

- 50% reducción en tiempo de guía
- 50% reducción en costos
- 0 defectos
- Simplificar procedimientos de control
- Diseñar una estandarización

Estas son las metas típicas, y cubren importantes áreas. Cada compañía necesitará considerar sus propias prioridades, pero sean las que sean, una actualización eficiente y continua en manufactura y la documentación de todos los cambios hechos en el proyecto son una necesidad que no debe descuidarse.

Uno de los objetivos importantes de las metas, será tomar en cuenta las opiniones de los clientes de la competencia, esto llevará al grupo de trabajo hacia un nuevo ambiente. El grupo de vendedores necesitará encontrar clientes importantes, ganarse sus puntos de vista, y comparar esos puntos de vista con sus propias concepciones.

Una de las finalidades de la IC es integrar un grupo de trabajo, para cada línea del producto. Esto tomará tiempo, pero la motivación que se inyecte a los grupos de trabajo será de gran importancia para que la operación resulte exitosa, sin embargo se puede considerar que por cortos periodos se adicione gente externa del grupo, si esto fuera necesario; todos estos movimientos deben ser observados desde el principio por el comité guía, el cual necesita trabajar muy de cerca con los líderes de los grupos de trabajo hasta que todos estén trabajando eficientemente.

En la mayoría de las compañías habrá una reagrupación de los departamentos principales y el departamento de diseño del producto e ingeniería de manufactura estarán bajo el control de un líder; el contrapeso natural será el líder responsable de mercadotecnia, ventas, y servicio, el área de finanzas y personal no representan un gran poder pero son importantes dentro del proyecto.

Cuando IC es nuevo, la primera impresión probablemente es la más fácil de mantener, y el número real de gente involucrada dependerá de la complejidad del producto. Debido a esto, **no se deberá esperar tanto de un proyecto piloto. Porque en realidad es un ejercicio de entrenamiento**, y es una buena idea integrar al grupo de trabajo desde el principio dependiendo del tamaño del proyecto, y cambiar el número de miembros una vez que el producto alcanza la manufactura, por lo tanto mucha gente obtendrá mucha experiencia en IC. Sin embargo, las ganancias obtenidas del proyecto piloto (y proyectos subsecuentes) deben ser publicados dentro de la compañía de tal manera que el personal se de cuenta de que se trabaja con IC y querrá ser integrado al equipo. De esta manera, los beneficios serán mutuos.

Un punto significativo de conflicto puede ser el rango de responsabilidades otorgadas a cada miembro de los grupos de trabajo; sus responsabilidades pueden terminar cuando el primer trabajo es entregado, o cuando el porcentaje de producción alcanza el nivel planeado; sin embargo los grupos de trabajo continuarán existiendo a lo largo de la vida del producto. Para que el grupo de trabajo sea realmente efectivo necesita permanecer unido, por lo menos hasta que la producción haya sido alcanzada y se haga responsable de ésta, así la compañía será capaz de alcanzar más rápidamente la producción completa.

Una de las limitantes en la implementación de IC es que el diseño realmente no se llega a asimilar algunas veces y eso es debido normalmente a los estándares y técnicas que

son utilizadas, y no solamente de la imaginación de los diseñadores. Otra limitante son los problemas que se lleguen a presentar dentro del proyecto, para esto los gerentes necesitarán tener varias soluciones a la mano, ya que el equilibrio que haya entre cada grupo de trabajo y cada departamento necesitará ser guiado cuidadosamente.

3.2.2 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

CAD/CAM y bases de datos son de una gran ayuda para la Ingeniería Concurrente, estas herramientas son necesarias para que los miembros del grupo de trabajo puedan intercambiar datos a través de ellas. Por esto los miembros de la agrupación deben de hacer su mejor esfuerzo para trabajar juntos.

Mientras más experiencia obtengan las compañías en **IC**, alcanzarán mayor número de metas, tanto en el desarrollo técnico como en el mercado, una de las opciones es el incremento de estaciones de trabajo de **CAD** que permitirá más y mayores simulaciones y mejores resultados y las bases de datos orientadas a objetos con acceso ultra rápido harán el sistema distribuido más amigable. En el futuro habrá una base de datos relacional común disponible para todos los departamentos.

Los datos comunes serán cargados en las estaciones de trabajo de cualquier departamento, donde serán convertidos a la forma en que sean requeridos. Por ejemplo, en manufactura los datos serán adecuados para generar rutas y dimensiones básicas para dispositivos y formas necesarias, la mercadotecnia verá los estilos de dibujo y los componentes con las especificaciones que se requieren para aumentar las ventas, y servicio al cliente, de acuerdo a los datos podrá determinar el mercado donde se introducirá el producto. Los datos presentados a finanzas estarán disponibles de tal manera que los reportes de costos serán hechos fácilmente.

De este modo, cada departamento será capaz de ver los últimos datos y trabajo desde el concepto hasta el diseño final, y serán prevenidos de cualquier dificultad que haya. Por supuesto, si cualquier departamento necesita o quiere un cambio, consultará a los miembros de su grupo de trabajo (no a los del diseño de producto) para hacer las proposiciones necesarias para el cambio.

También, el incremento en el número de paquetes de simulación disponibles permitirán que muchos más aspectos de diseño sean simulados y presentados. No solamente se usaran software y computadoras poderosas, permitiendo que la simulación sea mucho más rápida que en el pasado, si no que también permitirá una mayor exactitud del trabajo al ser mejorado continuamente - y estos beneficios en hardware y software se lograrán solo con **IC**.

Una vez que los grupos de trabajo están operando completamente, ellos y los departamentos de respaldo deberán utilizar el mismo software para incrementar la velocidad del desarrollo del producto y del diseño, esto nos llevará a departamentos de diseño más

pequeños o rangos de modelos más grandes donde el tiempo de producción ahora se reducirá considerablemente con IC.

La confiabilidad de los datos siempre es una causa que preocupa, y la transmisión de datos de propietarios entre departamentos y proveedores requiere atención considerable; para mantener esta seguridad, se requerirá del uso de claves, tarjetas de identificación, etc. Respecto a esto, las nuevas tarjetas "inteligentes" que incorporan los microprocesadores son un gran avance, y pueden ser de gran utilidad para el futuro

3.2.3 DISCIPLINAS INVOLUCRADAS

Es importante la forma correcta de comenzar el proyecto, la agrupación comienza por conocer los requerimientos de los clientes, ya que esta información es muy importante tanto para el ingeniero de producción como para el diseñador. Una vez que ellos comienzan a trabajar juntos, serán un equipo, y sus actitudes hacia el producto cambiarán drásticamente.

También el hecho de que los proveedores intervengan dentro del proyecto va a dar un mejor manejo de este y va a influir tanto en tiempo como en costos. Esto quiere decir que si dentro de la empresa se tiene un buen manejo de todas las disciplinas que intervienen va a beneficiar a el proyecto, obviamente con la ayuda de IC; y también se debe de cuidar mucho las relaciones con los proveedores y los clientes, ya que esto también repercute en los proyectos y por lo tanto en la empresa.

Si todas estas disciplinas son coordinadas correctamente se podrán obtener los objetivos establecidos exitosamente, ya que gran parte de lo que se involucra con IC es el aspecto humano, y si este queda fuera de control del gerente de la empresa, probablemente llegarán a tener problemas e IC no podrá ser correctamente implementada.

CONCLUSIONES

El personal que puede intervenir en IC requiere cumplir con ciertas características como:

- Tener una mentalidad abierta para modificar su forma de trabajo.
- Estar dispuestos a capacitarse para poder desarrollarse dentro del área que sean asignados.

Todo lo anterior es con la finalidad de trabajar en forma conjunta ya que para el desarrollo de IC es muy importante trabajar en equipo.

Para implementar la IC se debe evaluar la tecnología con la que cuenta la empresa ya que es la principal herramienta del personal, esta herramienta y los grupos de trabajo que se deben formar permitirán un mejor desarrollo del producto y un mejor servicio al cliente. Además se deben establecer metas u objetivos que la IC en un tiempo determinado debe alcanzar.

Ya que se seleccionó a la gente que va a intervenir en la IC se procede a la formación de grupos de trabajo los cuales decidirán si asignan a un líder o no en los grupos, si es afirmativo este líder coordinará, dirigirá y evaluará las actividades de dichos grupos, y a su vez, deberá tener reuniones con los otros líderes de los grupos existentes para discutir los problemas y avances que presente el proyecto, y estos a su vez informaran de lo ocurrido, al líder general del proyecto que podría ser el gerente de la empresa.

Los elementos tecnológicos principales para implementar la IC son: una base de datos centralizada, una red de computadoras y un sistema de modelado de 3D.

Para desarrollar un proyecto en IC se requiere de un equipo multidisciplinario, entre los que destacan ingenieros, analistas, diseñadores, licenciados en mercadotecnia y vendedores.

En la práctica, una combinación entre demandas económicas y de mercado dirán a los grupos de trabajo cuando reemplazar un modelo existente. Sin embargo, algunos fabricantes toman en cuenta que no pueden reducir la vida del producto más de cinco años porque este período es necesario para amortizar la herramienta.

La forma en que trabaja un departamento de ingeniería es tal que el desarrollo de un nuevo programa empieza al mismo tiempo que termina uno anterior. Algunos ingenieros necesitan trabajar en otras fases y en otras mejoras, dejando las otras partes en manos de los grupos de trabajo.

CAPITULO 4

DESARROLLO DE UN PROYECTO IMPLEMENTANDO LOS PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA CONCURRENTES

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Actualmente el proceso del desarrollo tradicional de un producto se efectúa a través de varios pasos, en una forma secuencial. El proceso a seguir es el siguiente:

1. Se diseña el producto por el personal que está a cargo del área de diseño.
2. Se realiza el análisis del diseño para verificar la factibilidad y funcionalidad de éste.
3. Se evalúan los recursos necesarios para la producción del diseño.
4. Se procede con la manufactura del producto diseñado.

Si por alguna razón el diseño no fuera satisfactorio y hubiese que hacer algún cambio tendría que volverse a iniciar un ciclo completamente nuevo.

Esto nos lleva a una pérdida de tiempo y a la generación de altos costos, por lo que se ha buscado una técnica que pueda optimizar el proceso de diseño en los siguientes aspectos:

- Menor tiempo de desarrollo.
- Reducir el número de errores de producción.
- Optimizar el uso de los recursos.
- Mayor calidad en el producto.
- Satisfacer las necesidades del cliente.
- Reducir los costos.

Para lograr estos objetivos proponemos modificar el proceso tradicional aplicando los principios de la **Ingeniería Concurrente (IC)**.

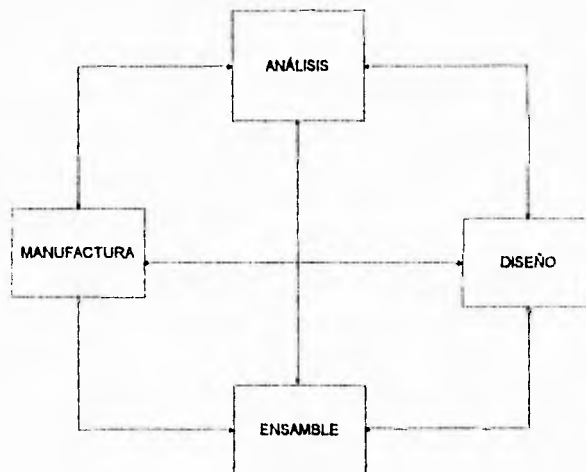
Esto quiere decir que planteamos una fase de diseño la cual va a estar ligada con las demás disciplinas involucradas en el proceso de desarrollo del producto, las áreas adicionales que se consideraron fueron el análisis del diseño, análisis de ensamble y manufactura. Para ejemplificar el proceso de implementación de la Ingeniería Concurrente se decidió tomar como proyecto piloto el desarrollo de moldes para botellas de plástico.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

4.2.1 ORGANIZACIÓN

Para llevar a cabo el proyecto piloto se formaron grupos de trabajo para cada una de las disciplinas involucradas con conocimientos en las áreas de diseño, análisis de elemento finito, análisis de ensamble, simulación de manufactura y propiedades de materiales; todo esto desarrollado en un ambiente de Red de computadoras.

Durante el proceso de diseño las personas involucradas opinaban acerca de las características del modelo diseñado, realizando las modificaciones necesarias desde una etapa muy temprana en el proceso de desarrollo. Así cada área podía realizar el conjunto de evaluaciones para dar lugar a una nueva versión del modelo.



Organización del proyecto

4.2.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS UTILIZADOS

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó un sistema de CAD/CAM/CAE que ya cuenta con las áreas mencionadas anteriormente y que tiene algunas herramientas para la implementación de Ingeniería Concurrente. Dentro de las herramientas con las que cuenta el sistema en el que se desarrolló el proyecto están:

- Una BD centralizada la cual nos permite obtener las últimas versiones de lo que se ha trabajado (datos, planos, modelos, etc.)
- Un Modelador de Sólidos, el cual nos ayudó a generar el molde de la botella, así también nos ayudo a visualizar las diferentes vistas del modelo que se generó y poder asignarle propiedades de material.
- Un Modelador de Elemento Finito, esto nos ayudó a generar el modelo de elemento finito para así después hacer el análisis de ese modelo y realizar una visualización de los resultados.
- Un Sistema de Manufactura, que nos permitió simular el desarrollo de los moldes y así poder generar las rutas de corte, para después realizar una simulación de la fabricación de los moldes.

Un recurso importante fue una Red de computadoras la cual nos permitió tener la comunicación y la transmisión de datos entre las diferentes áreas.

4.2.3 TÉCNICAS DE MODELADO EN 2D Y 3D

Para el desarrollo del proyecto piloto se ocupó el modelado en 2D, en el cual se utilizaron líneas, arcos y curvas B-Spline, estos elementos se combinaron para conformar el perfil del modelo.

De acuerdo a las características del proyecto, se tuvo que poner atención a los elementos geométricos para que estos pudieran ser de fácil manejo y así poder realizar el modelado en 2D. Se procedió a generar un perfil con las curvas y líneas que se mencionaron anteriormente, así como las dimensiones deseadas. Como ejemplo podríamos decir que las dimensiones del proyecto tuvieron que ser algunas veces creadas, borradas o modificadas debido a que no se habían obtenido los resultados deseados.

A continuación se procedió a revolucionar el perfil (fig. 4.2.3.1) obtenido del modelado en 2D para obtener el modelo sólido en 3D y generar así nuestros cuadros de alambre. Es importante recalcar que ya que se obtuvo el modelo se dejó en la base de datos y solo se hizo una copia para cada uno de los análisis que se tiene que hacer, y no se tuvo que crear nuevamente el modelo.

En la figura 4.2.3.1 se muestra la forma que tiene el perfil obtenido del modelado en 2D, como se puede observar, por sí solo no nos da una idea de como es la botella hasta que se revoluciona, pero este es el esqueleto para trabajar en las demás fases.



Fig. 4.2.3.1 Perfil de la botella

Nuestros modelos fueron divididos en tres partes con la intención de hacer un catálogo de partes para proyectos posteriores y así poder intercambiar dichas partes y crear nuevos modelos de botellas con este catálogo.

A continuación se ilustran las figuras 4.2.3.2, 4.2.3.3 y 4.2.3.4 que nos representan los cuadros de alambre de cada una de las partes que conforman uno de nuestros modelos.

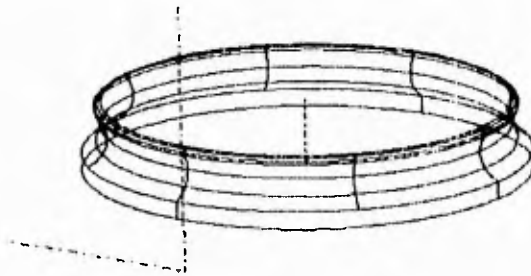


Fig. 4.2.3.2 Cuadro de alambre del cuello de botella

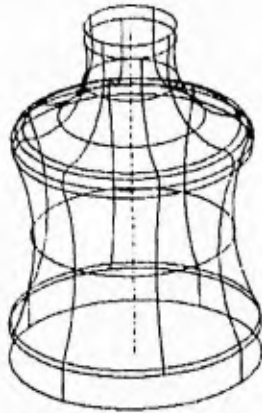


Fig. 4.2.3.3 Cuadro de alambre del cuerpo de la botella



Fig. 4.2.3.4 Cuadro de alambre del fondo de la botella

4.2.4 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO

Para el análisis de elemento finito del modelo se hizo uso de las herramientas que ofrece el sistema, a continuación se explicará la forma en que se realizó el análisis.

- Primero se seleccionó una superficie del modelo en 3D y se dividió en elementos pequeños (malla de elemento finito).
- Se definieron las fuerzas y las restricciones a aplicar y las propiedades del material que iba a ser utilizado.
- Después se ejecutó el sistema solucionador para que posteriormente el postprocesador pudiera interpretar los resultados obtenidos.

Con lo anterior se analizó una condición donde la botella está siendo presionada por todos sus lados y esta fija de la parte inferior, simulando que va adentro de una caja con más botellas alrededor suyo.

Los resultados del análisis visualizado nos mostró la deformación de la botella y en base a los resultados obtenidos se decidió cambiar algunas dimensiones del modelo.

Las siguientes figuras muestran los resultados obtenidos:

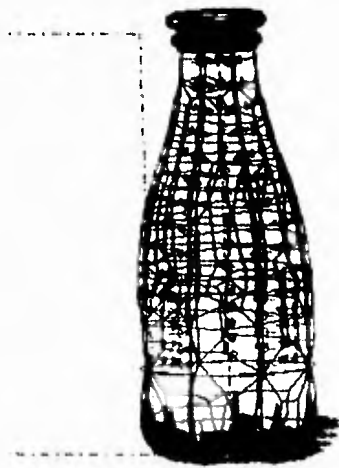


Fig. 4.2.4.1 Fuerzas y restricciones aplicadas a la botella

En la figura 4.2.4.1 se puede observar que la botella ya ha sido dividida en elementos pequeños (malla) y los nodos donde se va a aplicar la fuerza (definida anteriormente) . Como se puede ver la fuerza no ha sido aplicada en toda la botella sino solo en la parte superior de la misma, sin tomar en cuenta el fondo y el cuello, a su vez se definió como punto fijo el fondo de la botella.

A continuación en las siguientes figuras (fig. 4.2.4.2 y fig. 4.2.4.3) se muestra la reacción de la botella a la aplicación de las fuerzas y las restricciones, con este análisis se puede observar que se obtuvieron ciertas deformaciones como resultado de la fuerza aplicada.

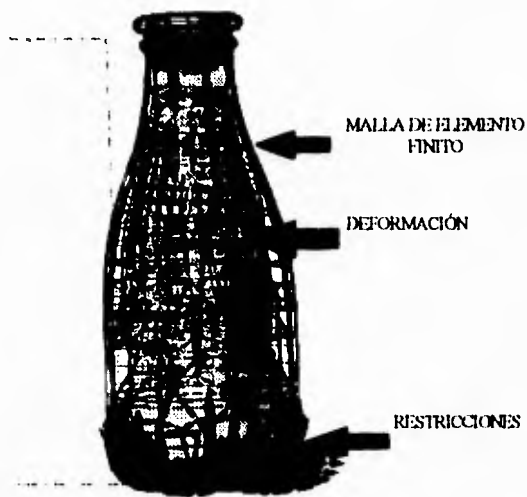


Fig. 4.2.4.2 Comportamiento de la botella con fuerzas y restricciones

En la fig. 4.2.4.2 se puede observar la restricción de movimiento que se aplicó en la parte inferior de la botella (fondo de la botella) de tener un movimiento limitado, así como también se observa en un tono más claro las fuerzas que se aplicaron para cada nodo en la parte superior, por lo tanto se empieza a ver una ligera deformación de la botella.

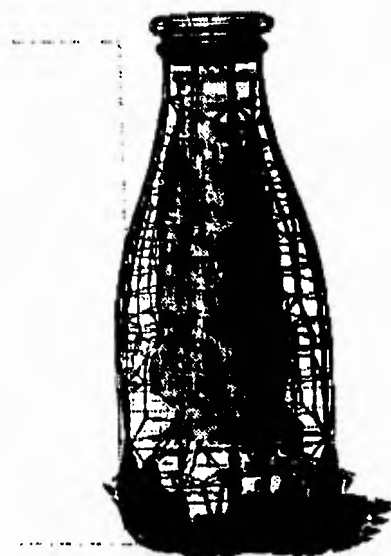


Fig. 4.2.4.3 Otro aspecto del comportamiento de la botella a las fuerzas y restricciones aplicadas

En la fig. 4.2.4.3 se puede ver la forma original de la botella definida por el cuadro de alambre, y en forma sombreada la deformación que tiene ésta al aplicársele las fuerzas y restricciones definidas anteriormente, un código de colores nos indica la magnitud de la fuerza, los colores más claros nos indican menor concentración de esfuerzos y los colores oscuros nos indican mayor concentración de esfuerzos. Por lo tanto después de observar estas deformaciones, se decidió cambiar algunas de las características (dimensiones, forma, etc.) de la botella para lograr un mejor comportamiento.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

4.2.5 ANÁLISIS DE ENSAMBLE

Una de las formas más sencillas para dicho análisis, primero se realizó un molde basándose en el modelo de la botella, para después generar una copia de este molde. El modelo de la botella fue dividido en forma transversal para cortar cada una de las partes de cada molde.

Ya teniendo los moldes listos se procedió a hacer la simulación del análisis del ensamble, y así poder observar si los moldes embonaban y a su vez verificar la operación de su unión paso por paso. También se hizo revisión de las interferencias que pudieran haber para ver si algunas piezas se encimaban.

En la fig. 4.2.5.1 se observan los dos moldes con las partes del modelo, para la creación del molde lo único que se hizo fue dividirlo en dos y quitar el volumen de la botella, ya que la botella es de forma simétrica.

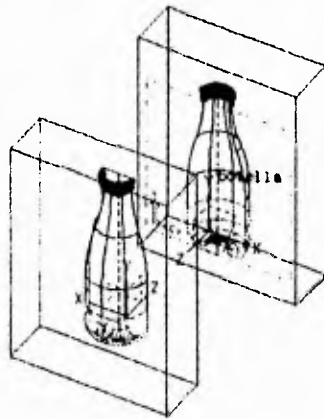


Fig. 4.2.5.1 Incrustación del modelo de la botella

En la fig. 4.2.5.2 se presenta la unión de los moldes permitiendo visualizar el ensamble final.

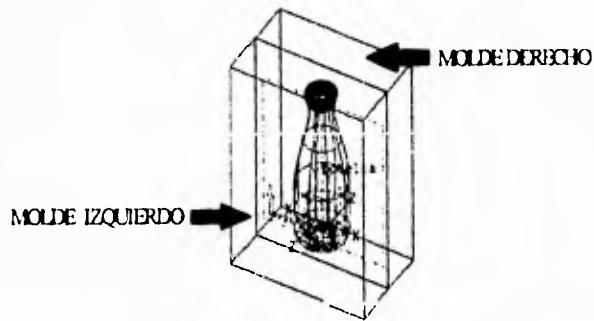


Fig. 4.2.5.2 Ensamble final

4.2.6 SIMULACIÓN DE MANUFACTURA

Para la simulación de manufactura se procesó el molde para el modelo de la botella con que se estaba trabajando, y así observar la creación de las rutas de corte y ver los problemas que se podrían presentar con las herramientas que se eligieron, que en este caso fue una fresadora con herramientas rotativas. De acuerdo al acabado que se le iba a dar se especificó el grosor de la herramienta rotativa. Dependiendo de los resultados que se generaron se hizo modificaciones tanto en la herramienta que se había utilizado como en las rutas de corte que se habían generado, hasta obtener los resultados de acuerdo a las requerimientos de manufactura, entre ellos realizar los menos pasos posibles para la simulación, y hacer trayectorias más sencillas en las rutas de corte.

En la fig. 4.2.6.1 se muestran las rutas que fueron trazadas para eliminar el material y darle forma a la botella, esto nos ayudó a ver el acabado final de la botella, la programación de las rutas (que ahora se hace automática) y la visualización de los resultados del programa. Se debe observar con los resultados y la evaluación de las herramientas con que se cuenta, la factibilidad de dar el acabado del prototipo, y en caso contrario se buscan alternativas como, el cambio de la herramienta o algunas otras como el cambio en las rutas de corte ó hacer cambios en el modelo.

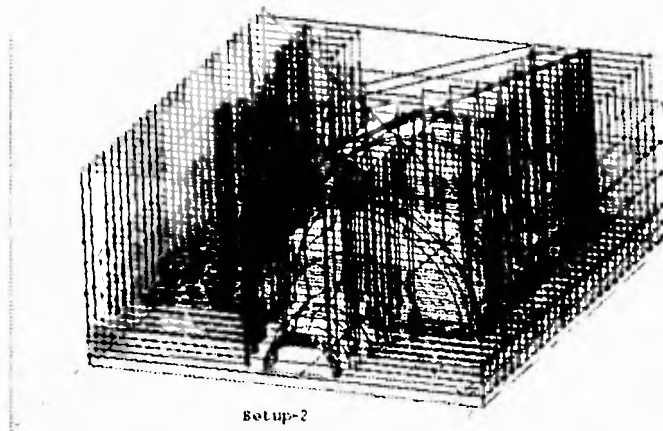


Fig. 4.2.6.1 Rutas de corte trazadas por el simulador

En la fig. 4.2.6.2 se muestra como trabaja la herramienta para la eliminación de material. En primera instancia se utilizó una herramienta rotativa gruesa para quitar el exceso de material, pero debido a que ésta deja rebabas de material, se procedió a utilizar una herramienta rotativa más delgada para darle un acabado fino.

También se puede ver las diferentes rutas de corte que se trazaron para darle forma al molde, para esto se consideraron dos fases: la primera se eligió la herramienta más gruesa, por lo tanto las rutas de corte fueron más espaciadas para poder quitar el material; la segunda fase fue ocupar la herramienta más delgada con las rutas de corte menos espaciadas para poder darle el acabado fino a la botella. Por lo tanto hay que tomar en cuenta que para desarrollar cada una de estas rutas y para utilizar herramientas diferentes, se tuvieron que utilizar diferentes programas generados por el sistema.

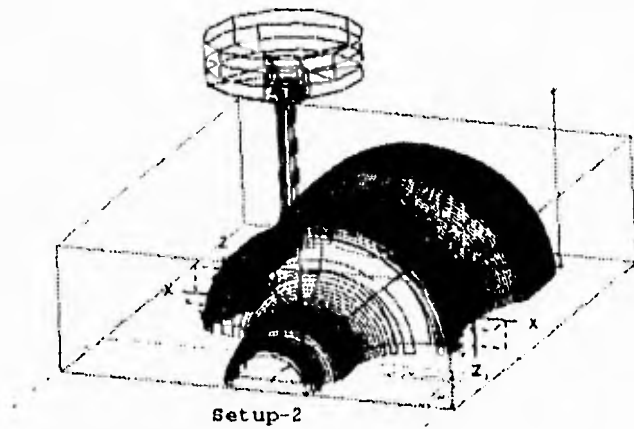


Fig. 4.2.6.2 Eliminación del material por parte de la herramienta

En la fig. 4.2.6.3 se puede observar un bloque que rodea a la botella, este es el bloque original del cual se eliminará el material para darle forma al modelo de la botella. También se puede ver que hay unos ejes de referencia, los cuales nos sirven para indicarnos la posición y orientación del molde en la máquina de control numérico.

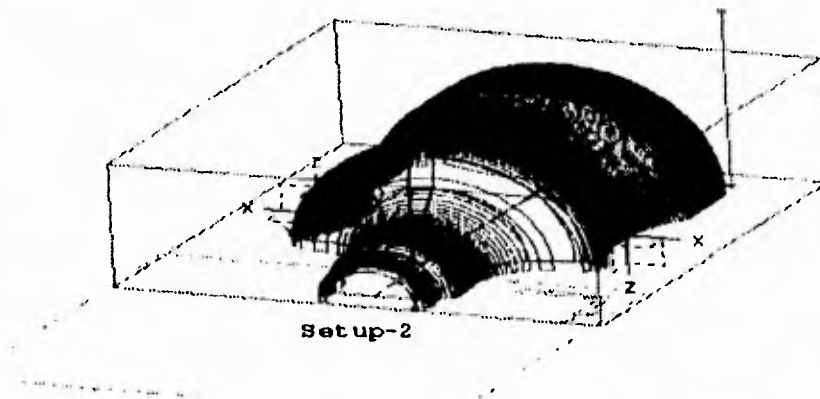


Fig. 4.2.6.3 Acabado final del molde de la botella

En la fig. 4.2.6.3 se muestra el acabado final del molde de la botella.

CONCLUSIONES

Para desarrollar el proyecto se formaron equipos de trabajo con conocimientos en diferentes áreas como es diseño, análisis, manufactura etc. Los recursos tecnológicos que se utilizaron fueron una base de datos centralizada propia del sistema, una red de computadoras y un sistema de CAD/CAM/CAE que cuenta con herramientas que nos ayudaron a implementar la IC. Además se utilizaron técnicas de modelado en 2D y 3D, análisis de elemento finito, análisis de ensamble y simulación de manufactura.

Se llevo acabo la documentación de cada uno de estos elementos para definir claramente el procedimiento.

A través de este desarrollo pudimos observar que nuestro tiempo de procesamiento llegó a ser corto y por ende nuestro trabajo resultó ser una buena opción para mejorar el método de diseño, ya que logramos que se ocuparan los recursos que teníamos disponibles al máximo y como resultado final obtuvimos el producto que cumplía con nuestras necesidades. Sin embargo como proyecto piloto no se puede esperar un avance realmente significativo, pues lo que se pretende es tener un poco más de experiencia en cuanto a la Ingeniería Concurrente y dar una base más comprensible sobre los elementos básicos para implementar la IC.

CAPITULO 5
CONCLUSIONES GENERALES

5.1 CONCLUSIONES GENERALES

En esta tesis pudimos poner en práctica nuestros conocimientos de base de datos y redes para comprender los fundamentos de la IC, el proceso tradicional de diseño; así como para poder desarrollar un proyecto piloto basándonos en los principios de la IC y auxiliándonos de un sistema CAD/CAM. El cual cuenta con herramientas como diseño, análisis (de elemento finito y ensamble), simulación de manufactura etc.

En base a estos conocimientos, pudimos captar las diferencias existentes entre la IC y el proceso tradicional de diseño, ya que cada uno de ellos ocupan los mismos recursos, pero métodos diferentes; mientras uno utiliza sus recursos en forma secuencial el otro lo hace de manera simultánea, pudiendo obtener con esto, reducción de costos y de tiempo, así como una mayor calidad en los productos.

Nos dimos cuenta que para implementar la IC se necesitan analizar varios factores dentro de una empresa, estos factores son: la organización interna con la que se cuenta, las habilidades y disposición del personal con que se cuenta, el software y hardware; cuando estos factores se han integrado es entonces cuando ya podemos hablar de establecer metas para desarrollar el proyecto.

Una vez establecidas estas metas la empresa puede comenzar a formar sus grupos de trabajo, a capacitar al personal y a organizar las tareas que va a desarrollar cada grupo de trabajo; y todo el personal que se integre a la IC debe ser capaz de entender el trabajo de las otras áreas.

Al desarrollar nuestro proyecto piloto y contando con una base de datos centralizada, una red y un paquete basado en CAD/CAM pudimos aplicar los principios de la IC y observamos que manejando equipos de trabajo y transmisión de datos, se podía estar actualizando nuestra información, permitiendo que cada área tuviera la información más reciente y pudiera modificar sus actividades de acuerdo a la información recibida.

Con esto el tiempo de proceso llegó a ser más corto y obtuvimos un producto que satisfacía nuestras necesidades.

El producto que se obtuvo fue el prototipo de una botella con las características que buscábamos desarrollado en un tiempo más corto.

En el desarrollo de este proyecto se tuvieron algunas fallas y problemas tales como:

- Falta de bibliografía, esto debido que es un tema que apenas comienza a tener desarrollo en nuestro país y no hay mucha información al respecto.
- Fallas técnicas, ya que como se estaba ocupando una red, se presentaron situaciones en que había falta de espacio y no podíamos continuar con los procesos y se tenían que cortar y volver a ejecutar.

- Debido a la naturaleza del modelo se nos presentaron problemas para poder realizarlo ya que las figuras no eran formas sencillas de modelar.

Sin embargo todos estos obstáculos que se nos presentaron se pudieron solucionar sin tener que echar mano de recursos que no estuvieran dentro de nuestras posibilidades.

Esta tesis se desarrollo en base a los principios de la IC. esperando que pueda ser la base para futuros temas con mayor profundidad en dicho método, y que se pueda aplicar en forma real en las empresas para tener una mayor calidad en los productos mexicanos que se ofrezcan al consumidor, ya sea este Nacional o Internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- **Fundamentos de Base de Datos**
Henry F. Korth, Abraham Silberschatz
Editorial McGraw-Hill
1a. edición
- **Redes de Computadoras**
Uyless Black
Editorial Macrobis
Edición 1991
- **CAD/CAM Theory and Practice**
Ibrahim Zeid
Editorial McGraw-Hill
Edición 1991
- **Computer Integrated Design and Manufacturing**
David D. Bedworth, Mark R. Henderson, Philip M. Wolfe
Editorial McGraw-Hill
Edición 1991
- **Concurrent Engineering: Shortering lead times raising**
John R. Hartley
Editorial Prentice-Hall
3a. edición
- **Revista: Machine Design**
Artículo: How to make Concurrent Engineering Work
Por: La compañía SDRC
Dividido en partes:
Parte 1 - Aqs, 6 1992
Parte 2 - Sep, 10 1992
Parte 3 - Oct, 22 1992
Parte 4 - Jul, 23 1993
Parte 5 - Oct, 22 1993
Parte 6 - Nov, 26 1993
- **Memorias de la V Reunión Nacional de CAD/CAM**
Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.