TESIS
ID998
M32
V.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Planes de acción para la difusión e implantación de la filosofía de la Ingeniería Concurrente en la UCAB"

TOMO I

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte puntos (20 pts).

Mención Publicación y concurso.-

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: VICENTE NAPOLITANO	Nombre: A. Golo	Nombre: Rafael Hernandez

REALIZADO POR

Matute Cherneff, Mariela
Paz Andrea, Patricia

PROFESOR GUIA

Ing. Vicente Napolitano

FECHA

Caracas 02 de Julio de 1998

BIBLIOTECA

Este encuentro con el mundo de hoy, fue el último paso dentro de nuestra vida universitaria para demostrarles todo lo que somos y queremos ser.

Gracias a ustedes aprendimos a manejar la ruta hacia nuestra conquista profesional, dejándoles una modesta muestra de nuestros conocimientos para consolidar la visión y misión de la Universidad.

A Vicente Napolitano por su creencia y fe en nuestro trabajo, y especialmente, y a Henning Bergold por brindarnos un universo de conocimientos y una paciencia invalorable; enseñándonos que :

"El líder de ayer siempre habla, siempre quiere dictar cátedra y enseñar a los demás.
El líder de hoy está dispuesto a escuchar siempre y quiere aprender".

A Rafael Hernandez y Armando Gallo por enviciarnos en un ambiente de mejoramiento continuo, y sobre todo enseñarnos que:

"El líder de ayer se mueve entre emociones y poder.
El líder de hoy apela al logro, a la creatividad y al desarrollo de la gente".

A Diego Casañas, por aportar un mundo a las bases de mi integración y ser ese apoyo que todos desean tener, enseñándome que:

"Un Gerente es alguien que hace las cosas bien,
Y un líder es aquel que hace lo que hay que hacer,
Simplemente Hacer Hacer"

Finalmente, hoy estamos logrando uno de nuestros más grandes anelos, una meta que sin ustedes no hubiéramos podido lograr:

Papy y Mami

Thank You

Indice General

Capítulo I: Fundamentos Teóricos 4
La filosofía de la Ingeniería Concurrente 6
Ingeniería Concurrente versus Ingeniería Secuencial 10
Las 7 Ts de IC 15
Grupo de trabajo bajo ambiente IC 17
Matriz del Equipo 17
Axiomas de IC 18
Principios Generales de IC 18
Principios Básicos de IC 19
Beneficios de La Ingeniería Concurrente 20
IC en el mundo 23
HONDA 23
Nissan 23
Xerox 24
Volkwagen 24
BMW 25
IC en USA 25
Otras empresas 25
Despliegue de La Función Calidad (QFD) 28
Matriz de Pugh 31
Matriz de concurrencia 32
Diseño para Manufactura (DFM) 34
Las ideas para el DFM pueden clasificarse según cuatro niveles diferentes 34
Diseño Asistido por Computadora CAD 36
CAD/CAM/CAE 37
Ventajas de la utilización de los sistemas CAD/CAM/CAE 39
Desventajas de los Sistemas CAD/CAM/CAE 40
Manufactura Integrada por Computadora (CIM) 40
Beneficios de CIM 45
Análisis de resultados 50
Mercado Potencial 53
Mercado Objetivo 53
Plan de publicidad 54

Capítulo V: Planes de Acción 61
Propuestas en el área académica 61
Materia en el ciclo profesional de Ingeniería Industrial 62
A Corto Plazo: Materia Electiva 62
A mediano plazo: Materia Obligatoria 62
Especialización en Desarrollo de Producto 63
Seminario de IC 63
Propuestas en el Sector Servicios 64
Centro de Integrado de Tecnología - CIT 64
Capítulo VI: 66
Análisis de Costos 66
Criterios 66
Punto de Equilibrio 67
Conclusiones 68
Bibliografía 69

Glosario

CPD	Concurrent Product Development
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
CAPP	Computer Aided Process Planing
CVP	Ciclo de Vida del Producto
QFD	Quality Function Deployment
CNC	Computer Numerical Control
IPPD	Integrated Product & Process Development
PC	Personal Computer
IC	Ingeniería Concurrente
IS	Ingeniería Secuencial
CAT	Computer Aided Testing
RP	Rapid Prototyping
CIT	Centro Integrado de Tecnología
UCAB	Universidad Católica Andrés Bello
LAN	Local Area Network
CIDI	Centro de Investigación de Ingeniería
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
SMIC	Sociedad Mexicana de IC
PDT	Product Development Team
TI	Tecnología de Información
DFM	Design for Manufacturing
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
DFQ	Design for Quality
DFA	Design for Assembly
DFS	Design for Serviceability
DFR	Design for Reciclability
DFX	Design for X-ability
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
CALS	Computer Aided Acquisition and Logistic Support
DoD	Department of Defense

GT	Group Technology
AGV	Automated Guide Vehicle
SDP	Sequential Development Product
CERG	Concurrent Engineering Research Group
AMH	Automated Materials Handing
SED	Sales, Engineering & Development
PDP	Product Development Process
DIN	Dimensional International Norm
CADD	Computer Aided Design Drafting
RAM	Random Access Memory
STEP	Standard for the Exchange of Product
NURBS	NonUniform Relational B-Spline
CAUE	Costo Anual Uniforme Equivalente
VPN	Valor Presente Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
TRAM	Tasa de Retorno Atractiva Mínima

Sinopsis

El siguiente proyecto ha sido concebido para suministrar la filosofía de la Ingeniería Concurrente (IC), su tecnología, y estándares a la Universidad Católica Andrés Bello, con el fin de enriquecer el pensum de la carrera de Ingeniería Industrial, cubriendo de esta manera las expectativas del mercado laboral de Venezuela; y aplicarla en el sector industrial, a través de servicios de consultoría por parte de la UCAB.

Para ello se creó una plataforma de información de IC que servirá como base para su posible implantación en el sector académico y/o industrial. Además se identificaron y documentaron las tecnologías asociadas a IC y finalmente se estableció una estrategia, a través de planes de acción, en las diferentes vertientes propuestas, para permitir la difusión e implantación de IC por parte de la Facultad de Ingeniería de la UCAB. Dichas vertientes fueron: ***el área académica,*** dentro de esta vertiente se realizan las siguientes propuestas:

1. Una especialización en desarrollo de producto.
2. La incorporación de una asignación de IC a la carrera de Ingeniería Industrial; luego de una cadena de materias que la soporten, comenzando a corto plazo con una materia electiva dictada a través de Internet con el ITESM, siguiendo con su adaptación dentro del pensum como una materia obligatoria.
3. Un seminario de IC dentro de los programas de Formación Continua de la UCAB para profesionales universitarios.

Y el sector servicios, en donde se propone:

1. Un laboratorio bajo ambiente IC como una jornada de trabajo que brinde la alternativa de desarrollo y diseño de productos, a la industria en general.
2. El servicio de alquiler del manejo y utilización del laboratorio a agentes externos.

Dejando como resultado los planes de acción para la difusión e implantación de la filosofía de IC en la UCAB, que generen a corto, mediano y largo plazo, un proyecto de alta calidad que aumente la competitividad de la Universidad. Dichos planes fueron originados partiendo de un plan de mercadeo y de un estudio de tecnologías de avanzada (hardware y software), en donde se identificaron las necesidades del área de desarrollo de producto en Venezuela y se definieron las estrategias publicitarias para hacer llegar al cliente el mensaje deseado.

Objetivos

General

Suministrar la filosofía de la Ingeniería Concurrente, su tecnología, y estándares a la Universidad Católica Andrés Bello, para el desarrollo académico de la misma y su aplicación en el sector industrial de Venezuela, a través de servicios de consultoría por parte de la UCAB.

Específicos

- Crear una plataforma de información de la Ingeniería Concurrente que sirva como base para su posible implantación en el sector académico y/o industrial.

- Identificar y documentar las tecnologías asociadas a la Ingeniería Concurrente.

- Proponer una estrategia, a través de planes de acción, en las diferentes vertientes para permitir la difusión e implantación de IC por parte de la Facultad de Ingeniería de la UCAB.

Alcance

Suministrar planes de acción de difusión e implantación de la filosofía de la Ingeniería Concurrente a la UCAB, que generen a corto, mediano y largo plazo, un proyecto de alta calidad que aumente la competitividad de la Universidad.

Introducción

La riqueza de un país es el reflejo de sus avances en el sector manufacturero. Sin embargo, la creciente competencia internacional y los cambios tecnológicos están forzando a que las compañías manufactureras introduzcan nuevos productos y actualicen los ya existentes para mantenerse en el mercado.

Es un hecho que las compañías buscan nuevas formas para mejorar la calidad de los productos, reduciendo los costos de producción y el tiempo requerido para introducir los nuevos productos al mercado, con la meta de satisfacer las demandas de los clientes.

La Ingeniería Concurrente apoya el trabajo en equipo y considera simultáneamente, durante la etapa del diseño, todas las actividades del ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta su reciclaje y desecho, con énfasis en lo que el cliente espera.

La implantación de la filosofía de la Ingeniería Concurrente es muy importante porque el 80% del costo de manufactura se determina durante el diseño del producto.

El enfoque de la Ingeniería Concurrente ha sido implantado exitosamente en E.U.A., Europa y Japón. Esta metodología esta siendo adoptada en varios países en desarrollo como Corea del Sur, Singapur, Brasil y Hungría. La industria Venezolana debe conocer y aplicar estas tecnologías avanzadas para mantener y mejorar su posición en el mercado mundial, especialmente ahora con la globalización. Por lo mismo, las universidades deben introducir en sus programas de ingeniería los temas de Ingeniería Concurrente y sus tecnologías relevantes.

El sistema educativo Venezolano tiene que tomar la responsabilidad de dar al estudiante los conocimientos y el entrenamiento necesarios para apoyar a la industria del país.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB, ha dedicado sus esfuerzos a diseminar la filosofía de la Ingeniería Concurrente entre la industria y la academia Venezolana. Por esta razón se propone impartir una materia sobre IC en la carrera de Ingeniería Industrial, así como un seminario de IC para profesionales con inquietudes en el área de desarrollo de productos, como parte del programa de "Difusión de Ingeniería Concurrente".

Se puede asegurar que esta Tesis es un excelente inicio para el acercamiento hacia el nuevo perfil del Ingeniero Industrial de la UCAB, conocer la filosofía de la Ingeniería Concurrente y facilitar la introducción de este tema en los programas educativos de las universidades y en la industria Venezolana, fortaleciendo el desarrollo de productos a través de un Centro Integrado de Tecnología.

"El que conoce lo externo es un erudito,
El que se conoce a sí mismo es un sabio,
El que conquista a los demás es un poderoso,
El que se conquista así mismo
... Es invencible."

Capítulo I

Fundamentos Teóricos

Capítulo I: Fundamentos Teóricos

La Historia de la manufactura, desde de la segunda Guerra Mundial ha tenido grandes avances y cambios revolucionarios como se señala en el anexo A, es por eso, que de nuevo en esta era de la información y de la tecnología deben continuar y no quedarse estancados, es necesario realizar un nuevo cambio, quizás menos significativo que muchos otros en la historia como fue la Revolución Industrial o la producción en masa pero si de igual importancia para la competitividad de las empresas manufactureras, que se encuentran ahora en un mundo globalizado en donde cada vez es más difícil sobresalir y sobrevivir dentro del mercado; donde los consumidores cada vez exigen productos más a su medida, a menor costo y de mejor calidad y donde la tecnología avanza tan rápidamente

Durante la década de los 80 se produjeron varias iniciativas de mejoras enfocadas hacia el manejo de materiales y la función de manufactura. Algunas iniciativas fueron orientadas a mejorar la gerencia de procesos y en fortalecer a los empleados. JIT, Kanban, y los círculos de calidad son ejemplos de iniciativas enfocadas en el proceso. Otras fueron enfocadas básicamente en tecnologías que soportan o automatizan el negocio o el proceso de producción. MRP, Códigos de barra y CIM son ejemplos de iniciativas enfocadas basándose en la tecnología, las cuales estuvieron de moda en la década de los 80[1].

Numerosas empresas manufactureras experimentaron grandes beneficios de la implantación de estas técnicas. Los ciclos de tiempo en la producción fueron drásticamente reducidos, los inventarios fueron manejados con niveles bajos, y la calidad del producto fue claramente mejorada en muchos segmentos de la industria.

Los indicadores positivos de mejoras han sido algunos de los más difíciles de apreciar. (ver anexo B). Los gerentes de producción y materiales, y los técnicos más preparados están ahora en las calles, buscando trabajo. Todos los días están ocurriendo uniones, adquisiciones, y bancarrotas de compañías que suplían tecnologías en estas áreas. Compañías con gran fama como Prime Computer, Cullinet, Computer Partners, Automatix, y otro gran número de corporaciones como éstas, se encuentran reestructurándose o disminuyendo su tamaño (venta de acciones). Las ocho (8) grandes firmas contadoras se transformaron en las seis (6) grandes. En muchas de estas firmas de servicios, "el desarrollo de sistemas" se ha re-enfocado y transformado en "sistemas de

[1] En los Estados Unidos

integración". En casi todos los segmentos de industrias, cuyo negocio es la producción de bienes (manufactureras), los cambios significativos fueron evidentes (ver anexo C). Usuarios en todos los sistemas funcionales y manejo de la data del producto son ejemplos de los próximos pasos en las tecnologías. Usuarios en Ingeniería Concurrente y Diseño de Manufactura son ejemplos de iniciativas de mejoras que atrapan ambos, el proceso y el ambiente tecnológico.

Una de las principales tendencias en la manufactura es la participación constante de los grupos de producción, planificación de materiales y apoyo de ingeniería, desde el inicio, en el desarrollo de nuevos productos, para asegurar que se administren eficazmente los productos durante sus ciclos de vida, el cual se refiere a todas aquellas actividades por las que el producto pasa desde la determinación de especificaciones, las fases de diseño, planificación del proceso, manufactura, inspección, mercadotecnia y desecho o reciclaje.

Una estrategia para conseguir un diseño integrado y concurrente del producto y de su proceso de fabricación y de servicio es la Ingeniería Concurrente.

El término IC, también se refiere al equipo de diseño que utilizan varias empresas. Es evidente, como lo dan a entender estos términos, que se requiere interacción continua y acciones en paralelo desde el diseño del producto hasta el proceso de producción. Es necesario que otras áreas, como mercadotecnia y compras, participen e interactúen en todas las fases de diseño y desarrollo: sus ideas son fundamentales para la planificación de la producción, la capacidad de producción y la disponibilidad de componentes y materiales. La secuencia que va desde el diseño del producto hasta su entrega al mercado no es una serie de pasos consecutivos. La interacción continua durante todo el proceso asegura que se libere al cliente un producto bien diseñado, a buen precio y a tiempo.

La consecución de este objetivo ayudará a los diseñadores, desde el inicio, a que tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual hasta su disponibilidad, es decir, las necesidades del mercado que van a cubrir, los requisitos de calidad y coste, los medios y métodos de fabricación y la venta y el servicio necesarios para garantizar la satisfacción del cliente.

Esta forma de trabajar, como ya se mencionó, requiere de la cooperación entre todos los departamentos de la empresa y sustituye al clásico entorno de trabajo de desarrollo y fabricación del producto, basado en acciones secuenciales, por otro entorno de trabajo concurrente, simultáneo y en equipo desde el mismo instante en que se inicia el proceso.

También se conoce por otros nombres, como son los de Ingeniería Simultánea, Equipos de diseño, Ingeniería Total o Desarrollo Integrado del producto, pero el de Ingeniería Concurrente recoge mejor esta concepción de cooperación para un objetivo común.

La filosofía de la Ingeniería Concurrente

La filosofía de la Ingeniería Concurrente o Simultánea, ha sido propuesta como un medio potencial para incrementar las prácticas en el desarrollo de productos, envolviendo simultáneamente X-habilidades (tales como funcionalidad, confiabilidad, manufacturabilidad, mercadibilidad, etc.) concernientes a nuevos productos en busca de reducir el tiempo y los costos, de desarrollo de productos para así lograr alta calidad y valor.

$$IC \Leftrightarrow [\text{consideración } \forall \text{ X-habilidades}]$$

La alta competitividad en el mundo de los mercados, ha forzado a la compañía a mirar nuevos medios para incrementar la calidad de los productos, disminuir los costos de producción y reducir el tiempo de introducción de los mismos en el mercado. IC parece ser la clave para lograr y mantener una ventaja competitiva a través de desarrollar alta calidad, productos altamente funcionales que son producidos eficientemente a través de una sinergia entre productos y diseño de procesos integrados, al mismo tiempo, también se consideran múltiples factores del ciclo de vida tales como funcionalidad, servicio, manufactura, mercadeo y reciclaje.

El objetivo de esta filosofía está focalizado en el incremento de la calidad, reducción del costo de ciclo de vida, y por último reducción de los tiempos de desarrollo, lo cual, a su vez es el fin de las industrias en general.

Ampliamente IC es un reto gerencial para organizar la información entre las diferentes partes involucradas, lograr revisiones tempranas en el diseño por el equipo de desarrollo, aplicación de la ingeniería y el despliegue de la función de calidad, como se resume en las ruedas de IC mostradas en el anexo D.

IC ha sido definida por Winner[2] como un enfoque sistemático de la integración del diseño concurrente de productos y sus procesos relacionados, incluyendo manufactura y otros departamentos. Este enfoque orienta a que los empleados consideren todos los elementos del ciclo de vida del producto desde la concepción hasta la posventa, incluyendo calidad, costo y requerimientos del usuario.

$$IC \Leftrightarrow // \, f\,(CVP)$$

Cleetus[3] ha propuesto otra definición; IC es un enfoque sistemático del desarrollo integrado del producto, que se enfatiza en responder a la expectativas de los consumidores y a la incorporación de valores de cooperación (compartiendo de tal forma esa decisión), haciendo el producto por medio de intervalos de trabajo paralelo en todas

[2] *et. al.* 1988
[3] CERG 1992, Ashley 1992

las perspectivas del ciclo de vida, sincronizados por cambios comparativamente breves al producir el consenso.

IC⇔ // [*f* (CVP) + consenso + cooperación]

Muchas compañías manufactureras comenzaron a ver los grandes beneficios que pueden alcanzarse al implementar IC, sin embargo, las industrias se han visto frecuentemente forzadas a adoptar métodos prácticos para resolver problemas inmediatos. El uso de la alta tecnología de información ha pasado a jugar un rol secundario en la implantación de IC en la industria. Los beneficios organizacionales han tomado prioridad al igual que el uso de metodologías formales, tales como el diseño para el ensamblaje y manufactura, un rango de técnicas de calidad de ingeniería para manejar sistemas de intercambio complejo, encontrar el diseño óptimo y los parámetros del proceso de producción. Esta es la situación actual, pero es común que las compañías al volverse más experimentadas en IC comiencen a darle mayor importancia a los métodos de información sofisticados.

Las iniciativas académicas se han focalizado en desarrollar aplicaciones de software que den soporte a la implantación de técnicas para mejorar procesos específicos y en desarrollar estructuras que permitan capturar e intercambiar la información. La meta de tales investigaciones tecnológicas está enfocada a mediano plazo con la intención de mejorar la comprensión de las técnicas futuras de soporte para IC y para suavizar la transición de las técnicas actuales a las futuras.

Como se ha visto, desde 1988 han surgido muchas interpretaciones de IC en la literatura y en los grandes centros de Investigación; mencionando algunos de estos conceptos se puede demostrar que definitivamente IC es una filosofía de trabajo, tal como la define:

Aparicio J.M., 1996

IC es la filosofía con la cual todos las actividades del ciclo de vida del producto son consideradas en la fase de diseño. Ésta es realizada por un equipo de trabajo multidisciplinario de expertos, con el objetivo de identificar y prevenir problemas en las fases siguientes del ciclo de vida. Buscando incrementar la calidad de los productos y disminuir el tiempo de desarrollo de los mismos.

$$IC = Mín \int_{0}^{CVP} (T)dCVP$$

CALS[4], 1991

IC es un enfoque sistemático del diseño de producto que considere todos los elementos del ciclo de vida, desde la concepción hasta la distribución, venta....IC define

[4] Oficina Computer-Aided Acquisition and logistics suport

simultáneamente el producto, los procesos de manufactura y todos los demás requerimientos de los procesos que conforman el ciclo de vida, así como el soporte logístico. IC no es una eliminación arbitraria de la fase de la existencia, secuencia, planeación de los procesos de ingeniería, sino el deseo de que las características del pre-diseño duren hasta las fases finales, para obtener un diseño definitivo posible de ser producido, a un menor costo que el diseño secuencial.

IC ⇔ [diseño robusto por un costo efectivo + diseño simultáneo]

Ellis, 1992

IC es un ambiente de ingeniería de diseño en el cual la tecnología de diseño asistido por computadora es utilizada para fijar e incrementar la calidad de productos, no sólo durante las actividades de la fase de diseño, sino a lo largo de todo el ciclo de vida.

IC ⇔ Máx f(calidad)

O mejor dicho:

$$IC \Leftrightarrow \int_{0}^{CVP} (Q)dCVP$$

La visión estrecha de IC es "Diseño Integrado del Producto y del Proceso". La visión amplia es "Integración de la empresa".

IC ⇔ [integración diseño del producto y del proceso a lo largo de toda la empresa]

Finalmente se puede resumir el concepto de IC en:

$$IC = Mín / Máx \int_{0}^{Empresa} (F)dCVP$$

Donde F puede ser tiempo, costo y/o calidad.

IC es una iniciativa de mejora que se enfoca en hacer Reingeniería a la función de desarrollo de producto para aumentar la velocidad, eficacia, y calidad.

Las metas están bastante claras:

- Elevar las ventas y ganancias de los nuevos productos
- Reducir el nuevo tiempo de entrada al mercado del producto
- Reducir los costos
- Mantener o aumentar la calidad del producto
- Tomar ventaja del conocimiento y la experiencia

Desde una perspectiva del alcance del proyecto, la aplicación de programas de IC es finita y manejable:

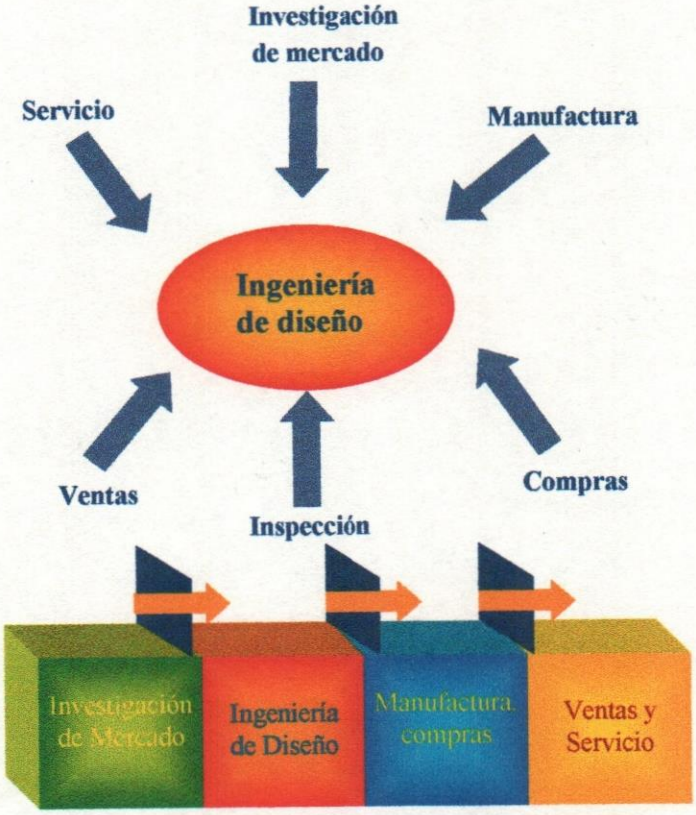
- Llevar a cabo los cambios del proceso dentro de 1-2 años
- Involucrar a las personas con nuevos productos

◈ Focalizarse en mejoras de proceso

Si se siguen estos tres principios básicos de alcance del proyecto, los esfuerzos de desarrollo concurrente del producto rendirán los beneficios esperados dentro del periodo de tiempo planeado. Muchas compañías se enfocan en soluciones basadas en tecnologías para resolver los problemas. Casi por definición, el desarrollo, la aplicación, y el entrenamiento para las soluciones basadas sólo en tecnología excederán los 2 años.

IC, es el proceso de diseñar un producto usando todos los insumos y evaluaciones simultáneamente y al principio durante la etapa de diseño, para asegurar que se cumplan las necesidades de los clientes internos y externos.

Por tradición, las actividades durante el desarrollo del producto se manejan en forma secuencial, y no concurrente. Así el departamento de mercadotecnia identifica una idea de producto; después, el ingeniero de diseño crea y construye algunas unidades prototipo; el departamento de compras pide presupuestos a los proveedores; después, el departamento de manufactura produce unidades, etc.



Paredes en los departamentos contra el trabajo en equipo

Figura # 1

Un contraste mayor entre la ingeniería tradicional y la concurrente se presenta en la tabla # 1. La ingeniería concurrente no es un conjunto de técnicas; es un concepto que permite

a todos los que afecta el diseño: 1.- tener *acceso temprano* a la información del diseño; 2 - tener la habilidad de influir en el diseño final para identificar y prevenir problemas.

IC ha proporcionado drásticos beneficios, por ejemplo[1], 50% menos cambios de ingeniería, 40-60% menos tiempo desde la concepción del producto hasta colocarlo en el mercado, 75% de reducción en pérdidas y retrabajo, y 30-40% de reducción de costos de manufactura

	Tradicional	Concurrente
Organización	La ingeniería está separada de la manufactura y otras funciones; énfasis en los objetivos funcionales	Equipo multifuncional con énfasis en el objetivo del equipo
Programación de insumos de otras funciones y proveedores	La mayor parte una vez que ingeniería terminó el diseño	Simultánea con la creación de las características de desempeño del diseño
Frecuencia y programación de los cambios del diseño	Gran número de cambios, muchos de los cuales ocurren después de las pruebas o durante la producción	Menor número de cambios, la mayoría de los cuales ocurren antes de terminar el diseño
Sistemas de información	La transferencia de conocimientos entre funciones y los cambios de diseño están ambas sujetos a retrasos de los sistemas administrativos	Sistemas computacionales mediante los cuales todas las funciones tienen acceso inmediato a los cambios de diseño y otra información
Localización física de las funciones	Casi siempre en lugares separados	Con frecuencia se localizan en un área

Ingeniería de Diseño Tradicional Vs Concurrente

Tabla # 1

Ingeniería Concurrente versus Ingeniería Secuencial

Al comienzo de la era de la información, existía una fuerte creencia en que el control del flujo de información era el componente clave para el éxito, es por eso, que se cedía

[1] Fuente: DoD

mucho poder a la organización para controlar el flujo de información. El producto era hecho a través de una ingeniería basada en secuencias. Durante esta era del control, el desarrollo de líneas de productos parecía ser la forma correcta de hacerlo. El diseño de productos y el desarrollo de procesos fueron obtenidos en fases, estas fases tenían un orden consecutivo y estaban segmentadas con grandes brincos.. las tareas tales como definición de especificaciones, definición de productos y procesos, distribución y soporte fueron ampliamente identificadas. Las últimas fases se terminaban antes de iniciarse las primeras, por ejemplo, los requerimientos precedían a la definición del producto. Los ingenieros de diseño (basándose frecuentemente en dibujos) dominaban las primeras etapas del diseño conceptual y las preliminares al desarrollo. Los expertos en mercadeo le suministraban las necesidades a los diseñadores, quienes determinaban las especificaciones del producto.

En la mayoría de los procesos secuenciales de ingeniería, era habitual que el departamento de investigación de mercado determinara las necesidades de los consumidores y realizara la proyección de las ventas para dárselas a planeación. El departamento de planificación desarrollaba los requerimientos técnicos para el producto y mandaba esas especificaciones al grupo de ingeniería de producto. Este grupo después diseñaba y desarrollaba el producto. Luego el prototipo era entregado a manufactura en donde los ingenieros podían iniciar el proceso de producción a gran escala. De esta manera, pocas veces se lograba la producción del producto definitivo, ya que se generaban muchos cambios en ingeniería para reparar los problemas que se presentaban, pero, debido a la presión del tiempo sólo se ponía atención al problema que aparentaba ser mayor. Algunos de éstos problemas se listan a continuación:

- Diseños de productos inapropiados para producirse.
- Falta de equipos adecuados de manufactura.
- Las grandes tolerancias ocasionaban trabajo extra y gran cantidad de piezas defectuosas.
- Problemas con el ensamble de las partes.
- Incompatibilidad de los equipos, herramientas, ensambladoras automáticas, etc. existentes.

Se medía cada etapa por medio de los errores, cambios y correcciones que se hacían en la misma. Existían largos períodos de negociación para resolver los problemas pertinentes a la producción lo que traía como consecuencia un largo tiempo unitario de producción. Después de un tiempo los expertos de procura debían participar en el proceso para garantizar la disponibilidad de las partes y materiales necesarios para el proceso de ensamble. Finalmente, el personal de mercadeo y ventas se involucraba para introducir el

producto en su mercado objetivo. Los análisis para remediar los problemas de diseño no son hechos automáticamente, por lo tanto no son la manera para prevenirlos antes de que ocurran. Si se necesita un cambio de diseño, el proceso se repite desde el inicio nuevamente. Las dificultades ocurren como resultado de un proceso de *ingeniería en serie.* Aquí cada fase de diseño se inicia cuando la previa es terminada; durante este proceso, la información incompleta es pasada a una nueva fase y enriquecida con datos nuevos solo para ser pasada a la etapa siguiente. El proceso es análogo a un equipo de relevo que tiene que correr "x" kilómetros entre los esfuerzos colectivos de "n" corredores. Cada corredor llega hasta un poste equidistante (x/n km.). Cada corredor comienza de una posición estacionaria. El primero arranca y pasa el objeto al segundo, al final de x/n Km., el segundo al tercero, el tercero al cuarto y así sucesivamente. El último corredor termina la carrera.

Si v_i es la velocidad máxima en la que el corredor *i* puede llegar comenzando desde su posición estacionaria, entonces

El promedio de la velocidad para alcanzar la meta desde su posición inicial estacionaria es

$$= v_i/2Km\ /hora;\ para\ i = 1,n$$

El tiempo necesario para finalizar la carrera puede ser calculado de la siguiente manera:

El tiempo que se toma un corredor para atravesar x/n Km = $(x/n)*(2/v_i)$.

El total del tiempo tomado por todos los corredores para finalizar la carrera de relevo será la suma de los tiempos individuales. Si nosotros llamamos a este tipo de carrera como una carrera de relevo secuencial, el tiempo total, T, es:

$$T = \sum_{1}^{n} \frac{x}{n} \times \frac{2}{v_i}$$

En un proceso de ingeniería secuencial, pasa lo mismo que en una carrera de relevo, excepto cuando el corredor es reemplazado por un grupo de expertos disciplinarios; la distancia a ser atravesada es reemplazada por el trabajo a ser terminado; las zonas de relevo son reemplazadas por las fases del ciclo de vida para el desarrollo del producto; la velocidad del corredor es reemplazada por el tiempo para completar una fase, la garrocha por las revisiones del diseño al completar cada fase; y la carrera completa es sin duda alguna el diseño y desarrollo de un producto. El tiempo total del ciclo es usualmente un múltiplo de la suma del de cada fase. Este tipo de enfoque es también conocido por otros nombres, incluyendo por supuesto Ingeniería Secuencial, Lineal o de fases y el método chimenea. Entonces de ahora en adelante denotaremos este proceso como IS, donde el tiempo total del ciclo sería:

$$T_{IS}=[T_{requerimientos}+T_{def.producto}+T_{def.proceso}+T_{manejo,logistica,soporte}]*R_{factor}$$

Donde, $T_{requerimientos}$, $T_{def.producto}$, $T_{def.proceso}$ y $T_{manejo,logistica,soporte}$ representan el tiempo necesario para culminar una fase particular. R_{factor} es equivalente al factor repetición.

En IS, no existe un diseño consistente, análisis, y metodologías documentadas para conducir el negocio. En el último minuto ingeniería cambia originando costos más altos en la ingeniería del producto, debido a la falta de tiempo en el análisis de las consideraciones para la manufactura durante las primeras fases del desarrollo del producto. La preparación de la data para el análisis frecuentemente es muy larga, y con el tiempo los resultados son encontrados, el diseño muchas veces es cambiado haciendo poco uso del análisis. El resultado de IS tiende siempre a ser un diseño más largo y el ciclo, está constituido por tareas innecesarias, para obtener un producto de calidad.

Esto muestra cambios en la última parte del ciclo, ingeniería; diseños con excesivos números de piezas, grandes quejas por parte del consumidor, confusiones en la manufactura, muchas pérdidas y retrabajo, excesivo campo de soporte y servicios, y solo apreciaciones marginales del consumidor o satisfacción, comparada con un producto de la competencia. Como resultado, el valor de R_{factor} para IS usualmente se encuentra por encima de dos. $R_{factor} >>> 2.0$

En los años recientes, las computadoras han sido extensivamente usadas en el ciclo de un producto. El desarrollo del producto es ahora frecuentemente llevado a cabo con la ayuda de herramientas de computación tales como CAD, CAM, CAPP, etc. Estas herramientas automatizan el proceso manual discreto de diseño de producto sin afectar la naturaleza lineal inherente al proceso. Aunque se pensó que esto podría disminuir el tiempo del ciclo de desarrollo e incrementar la comunicación entre el diseño y la manufactura, esto no ha ocurrido, porque se han automatizando las funciones en una fase, sin afectar el proceso secuencial de transmitir la información enriquecida de una fase a otra. Un tiempo significante es perdido en mantener la naturaleza secuencial del proceso y desempeñar el control de las interfaces o la integración de la información entre las fases, creándose una proliferación de islas de departamentos debido a la estructura funcional de la organización. La ausencia de iniciativas por parte de la gerencia para la cooperación y la cultura inflexible de la organización para cambiar, tienen impedido la obtención de mejoras en eficiencia y productividad. El impacto de la automatización en el ciclo de desarrollo del producto ha tenido, como resultado, muy poco, gracias a la resistencia al cambio en el proceso global.

El enfoque secuencial para el diseño, desarrollo, manufactura y mercadeo del producto tiene muchos otros defectos:

- Está basado en la premisa de que una nueva fase no puede comenzar antes de que la vieja sea completada y aprobada. Esto usualmente se traduce en un largo ciclo de desarrollo del producto.
- Las sugerencias de estructura secuencial originan que una porción significativa (50-80%) del costo de manufactura puede ser incurrido antes de que Ingeniería participe en el diseño del producto.
- Debido a la pérdida de tiempo, el producto final puede llegar a estar obsoleto al entrar al mercado y no cumplir con las expectativas del cliente en el nuevo entorno.

En los 90's, ha emergido un nuevo enfoque que se concentra en el tiempo como variable crítica del ciclo de vida del diseño del producto.

El departamento de desarrollo de producto analiza el tiempo de duración del ciclo a lo largo de toda la organización con la meta de eliminar tareas no necesarias logrando una reducción del tiempo y el mismo producto final o servicio. Este nuevo enfoque se centra en las tareas que dan valor agregado al ciclo, desde Ingeniería hasta la Manufactura, y desde la orden del cliente hasta la entrega. Esta gerencia de proceso es lo que comúnmente referimos como IC. En IC, las tareas y las fases se ejecutan en paralelo con el feedback de cómo y cuándo son necesitadas como se muestra en el anexo E (figura # 1). Cada área del ciclo tiene su propio momento y espacio particular dentro del proceso global. Esta serie de pequeños momentos es mostrada en el anexo G (figura # 1) usando solapamientos de semieclipses. La IC poco a poco acerca estas figuras, es por ello que ahora se solapan, IC es análoga a una variación de la carrera de relevo en serie descrita anteriormente (ver anexo G, figura # 2). Pero aquí no es esencial que un corredor pueda comenzar solo después de que el corredor anterior haya finalizado; el corredor puede comenzar antes de su posición y así tener cierta velocidad antes de que su pareja le entregue la garrocha, por lo tanto ambos deben tener la misma velocidad en el punto de encuentro. A través de este camino, la velocidad se aproxima a ser constante. Si v_i es la velocidad máxima de cada corredor, el tiempo T para el relevo en serie y el relevo concurrente puede ser calculado como se muestra a continuación:

La velocidad promedio para la carrera es igual a $\sum v_i/n$ y el tiempo, los corredores se toman para atravesar un total de

$$xmillas = \frac{x \times n}{\sum v_i} \quad \textit{unidades de tiempo}$$

Si $v_i = v_0$, que es lo mismo para todo i =1,n; entonces, no es difícil mostrar que un relevo concurrente puede ser 50% más eficiente que uno secuencial. Si v_i es una velocidad linealmente incrementada desde 1 hasta n Km/hora, eso es:

$$v_1 = 1 \,/\, v_2 = 2 \,/\, v_3 = 3 \,/\, \ldots \,/\, v_n = n$$

entonces

$$T_{sec\,uencial} = \left[\frac{2x}{n}\right] \times \sum \frac{1}{i}$$

y

$$T_{concurrente} = \left[\frac{2x}{(n+1)}\right]$$

Finalmente, no es sorpresa, que el tiempo acumulado que se toma una carrera concurrente para completar todas las fases y tareas es mucho más pequeño que en IS. R_{factor} usualmente oscila de 0.25 a 0.75.

$$R_{factor} \approx 0.5$$

La palabra Ingeniería en IC es usada en un sentido general. Esto significa que incluye la participación del personal de todas las disciplinas requeridas, ingenieros o no ingenieros. El proceso total, desde el desarrollo de producto hasta producción en masas y ventas, envuelve muchos no ingenieros, incluyendo técnicos desde la procura, mercadeo y departamento de ventas. Por eso, en IC, la mayoría de las partes envueltas en la obtención del producto para mercadearlo contribuyen al desarrollo del mismo. En contraste con la tradicional secuencial, lineal, iterativa (incontrolada) y prácticas departamentales, el enfoque IC requiere un equipo paralelo, interactivo y multidisciplinario para el desarrollo del producto y su proceso.

Así como los procesos manuales son medidos por las habilidades de los obreros, músculos, rapidez, en IC los procesos se miden por el trabajo en equipo (economía de la cooperación) para manejar información y tomar decisiones con basamento. En vez de usar fuerzas humanas (poder físico), IC esta dirigida hacia la utilización del poder intelectual de los equipos. Estos equipos no están constituidos solo por humanos, sino por todas las partes involucradas para lograr la realización del producto.

Las 7 Ts de IC

Las fuerzas que influencian el dominio de IC se han dividido según Prasad[1] en siete agentes, comúnmente llamados ***las 7 Ts***: talentos (talents), tareas (tasks), equipos (teamwork), técnicas (techniques), tecnología (technology), tiempo (time) y herramientas (tools) (ver figura # 2).

- La mayor eficiencia del trabajo en equipo se logra con la distribución de las tareas.

[1] 1996, "Concurrent Engineering Fundamentals"

- El mejor aprovechamiento de los talentos es mediante la composición de equipos, utilizados para la solución de los problemas.
- Las técnicas afectan el proceso fijado y la manera que dirigimos el negocio. Las técnicas simultáneas de la ingeniería substituyen "las paredes del diseño secuencial" por un diseño simultáneo.
- La tecnología es el mecanismo impulsor para la competitividad. Los ejemplos de tecnologías populares en IC son el rapid prototyping, visualización, gerencia de datos del producto, diseño para la X-habilidad, multimedia, el intercambio electrónico de datos –EDI- (Ver Anexo F), etc.
- Las herramientas incluyen el software, hardware, y las redes que hacen a IC práctica en el mundo de hoy, de corporaciones multinacionales y virtuales.
- Desde el punto de vista del tiempo, IC es una iniciativa del desarrollo de productos que tiene la meta de reducir la longitud del diseño del producto y la duración de ciclo de vida, permitiendo que los equipos de ingenieros desarrollen los módulos del diseño en paralelo con sus perspectivas[2].
- Los talentos y el entrenamiento juegan un papel importante en IC.

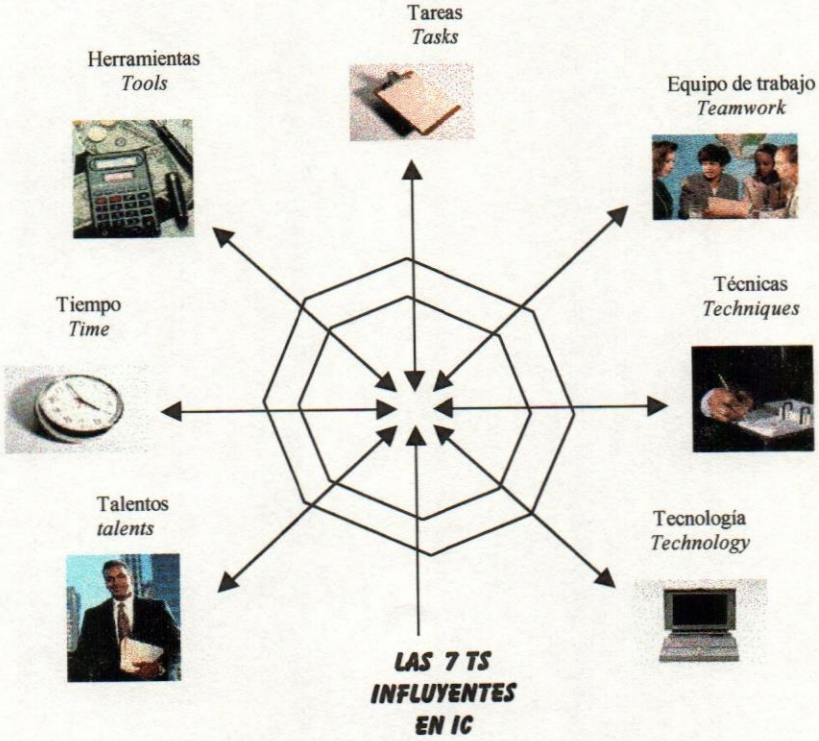


Figura # 2

[2] Pennell y Slusarczuk, 1989

Con el uso de las 7 Ts se busca el logro de la mejor concurrencia entre todas las fases del diseño tal como se muestra en el anexo G.

Grupo de trabajo bajo ambiente IC

Un efectivo equipo es como una grandiosa orquesta sinfónica, un grupo diverso de especialistas se reúnen e inspiran para lograr un set común de metas consistentes. El ambiente cooperativo para la implementación de IC está constituido por cuatro equipos simultáneos: el equipo lógico, el equipo del personal, el equipo virtual y el equipo tecnológico, tal como se muestra en la figura # 3.

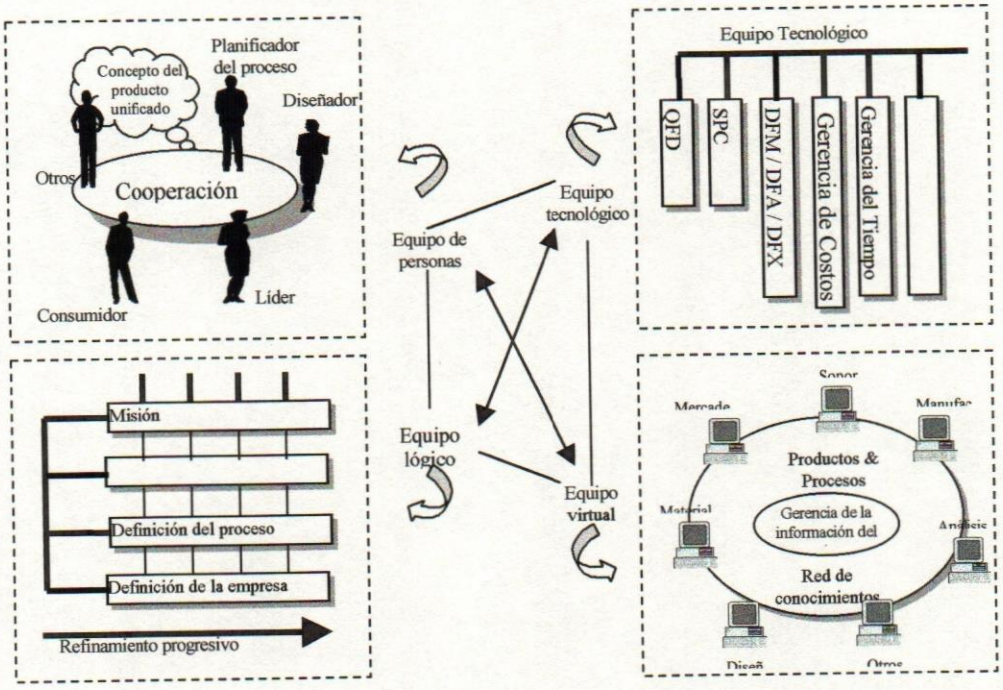


Figura # 3

La organización de estos cuatro equipos que se solapan en un gran grupo de trabajo, logra que este trabajo simultáneo sea mayor que la suma de los trabajos de los grupos individuales.

Equipo IC = ∪ [Equipo Lógico, Equipo del Personal, Equipo Virtual, Equipo Tecnológico]

Matriz del Equipo

En la matriz del equipo, tal como se muestra en la figura # 4 se observan una serie de funciones que interactúan entre sí, cada celda de la matriz representa un nodo el cual requiere de comunicación, representada por las líneas horizontales y verticales. Las

funciones afines son agrupadas y en cada grupo se selecciona un líder, la comunicación entre los diferentes grupos se realiza a través de estos líderes, adicionalmente se reagrupan los diversos líderes afines y entre ellos se selecciona un supervisor, el supervisor de cada nuevo grupo mantiene comunicación con los otros y el portavoz final, es el denominado líder del proyecto.

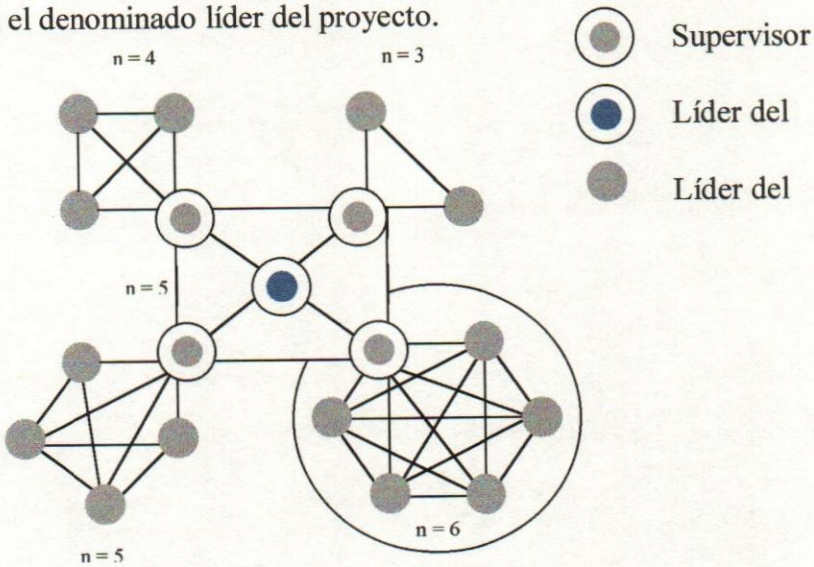


Figura # 4

Axiomas de IC

1. Direccionar la logística y la ingeniería al mismo tiempo que se evoluciona el diseño, no después que el diseño ya está listo.
2. Comenzar el análisis desde el principio del proceso conceptual o teórico, basando dicho análisis sobre toda la información disponible en ese tiempo (nunca atrasar el análisis porque no hay la suficiente data).
3. No esperar que la base de datos esté completa para obtener la data y/o la información necesaria para hacer el diseño y soportar las decisiones.
4. Usar rápidos, simples, fáciles y baratos PC para operar las bases logísticas, los modelos de costos y las otras herramientas del sistema.
5. Proveer, rápida y fácilmente, las respuestas a las preguntas de la gente de logística, los ingenieros de diseño y los otros participantes del equipo de IC. Las decisiones se requieren en el diseño para soportar el proceso de planificación (no después del hecho).

Principios Generales de IC

En todas las definiciones está enfatizada la importancia de dirigir los diferentes aspectos de IC en una manera sistemática. Para ser sistemática, debería estar caracterizada por la aplicación de principios, en los cuales se introduce cultura, cambios humanos y

organizacionales dentro de la empresa, a través del uso de metodologías formales, en algunos casos, apoyada en la tecnología de la información.

Los principios de IC, los cuales guían los cambios empresariales han sido clasificados como se muestra a continuación[1]:

- *Principios organizacionales*: nuevas estructuras organizacionales, actitud focalizada hacia el consumidor, disciplina, liderazgo y trabajo en equipo.
- *Principios de mejoramiento de los procesos*: desarrollo y continuidad de las mejoras en las actividades del ciclo de vida de los productos de forma que estén integradas y ocurran concurrentemente cuando sea posible.
- *Principio de la gerencia de información*: los más altos niveles de integración de información y conocimiento, realzando la comunicación de la información y el conocimiento, y la gerencia de recursos (conocimiento de las personas, información tecnológica, etc.).

Estos principios ayudarán a asegurar que todos los aspectos sean considerados durante la implantación y operación de IC.

Principios Básicos de IC

La regulación del tiempo es una consideración muy importante en IC. Aproximadamente el 80% del costo de desarrollo del ciclo de vida está dado por decisiones tomadas durante el primer 20% del proyecto[2] . IC está fundamentada en ocho (8) principios básicos:

1. *Descubrimiento temprano del problema:* Los problemas descubiertos en las primeras fases del proceso de diseño (particularmente durante el primer 20 % del tiempo del ciclo) son mucho más fáciles de resolver que aquellos problemas descubiertos en las etapas siguientes.
2. *La toma de decisiones a tiempo:* La "ventana de oportunidades" que afecta el proceso de diseño es mucho más amplia en las primeras etapas del proceso que en las últimas (cuando algunas decisiones están congeladas y cuando el diseño está maduro). El equipo comúnmente tiene la tendencia natural de tomar decisiones rápidas y novedosas, lo cual es bueno, excepto aquellas que deben tomarse en el último momento.
3. *Estructuración del trabajo:* la mente humana prácticamente no puede trabajar en múltiples tareas simultáneamente. En lo que sí es poderosa la mente, es en estructurar el trabajo, o lo más importante, estructurar el ambiente de trabajo – de

[1] Painter *et al.* 1991, Linton *et al* 1991
[2] DARPA 1997-98

forma que cada tarea pueda desarrollarse independientemente de cualquier otra o ser realizada por una persona, una máquina o una computadora.

4. *Afinidad del trabajo en equipo:* El trabajo en equipo debe realizarse bajo un ambiente de confianza, puesto que la suma de los trabajos individuales en una completa afinidad dará como resultado una tarea más eficiente que el trabajo de cada individuo por separado.
5. *Influencia del conocimiento:* el dominio del diseño del producto a menudo es muy largo. Es posible crear un propósito general automatizado o un sistema basado en el conocimiento, el cual usará apropiadamente las herramientas y reglas sobre el manejo del conocimiento (principalmente computarizado) para guiar la toma de decisiones. La interconexión o vinculación de herramientas de soporte a decisiones con apoyo humano basado en conocimiento, continuará siendo el método más viable para resolver problemas complejos.
6. *Comprensión común:* el equipo trabajará mejor si conocen lo que los demás miembros están haciendo. Esto incluye comprensión de todas las interacciones operacionales importantes.
7. *Propiedad:* el equipo trabajará entusiastamente haciendo un buen producto si se les permite la toma de decisiones durante la creación del diseño y si se les da propiedad sobre lo que producen.
8. *Constancia del propósito:* Muchos departamentos tienen la tendencia de hacer que su departamento luzca bien ante los otros –creando ganancias falsas- aunque pueda perjudicar a la meta global de la corporación. La corporación completa estará mejor si todo el mundo trabaja hacia una meta consistente independientemente del departamento al que obedezca. Esto requiere de un cambio en el pensamiento más allá de las metas individuales de cada departamento o equipo. Apuntar hacia la constancia del propósito resulta la mejor contribución de cada uno – trabajar hacia un conjunto de metas globales.

Beneficios de La Ingeniería Concurrente

Los productos se apoderan del mercado rápidamente a menor costo, superior calidad cuando ésta se incluye en el diseño del mismo, en vez de controlarse en la línea de producción. Los proveedores y subcontratados se benefician también, así como los proyectos se ejecutan a tiempo obteniéndose el éxito del producto. Muchas X – Habilidades del desarrollo de producto (como calidad, mantenimiento, manufactura, etc.) son encontradas en el producto. En un reciente estudio la DOD investigó sobre proyectos de Ingeniería Concurrente en Aerget Ordinance, AT&T, Boeing, Deere S Company, ITT, Mc Donnell Douglas, Hewlett-Packard y otras. Ellos encontraron que

precisamente se estaban tomando las decisiones por el equipo de IC resolviendo los problemas y mejorando la eficiencia y calidad. Los resultados obtenidos de la implantación de IC en las ocho áreas beneficiadas son mostrados por medio de barras azules y blancas en la figura # 5.

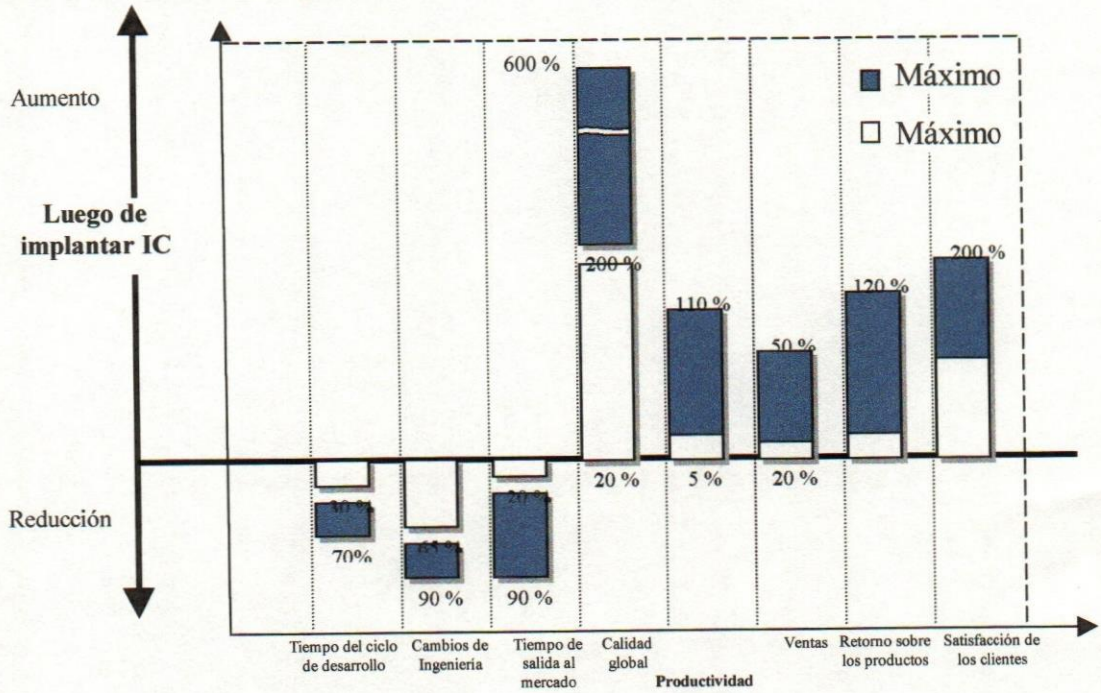
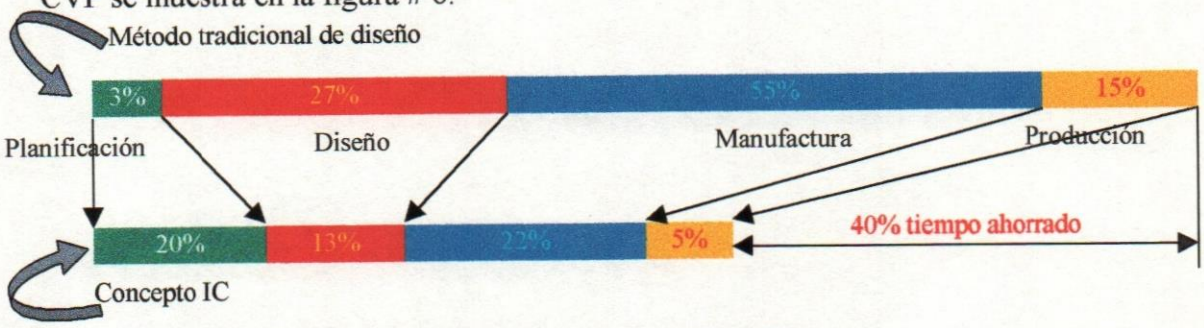


Figura # 5

Boeing redujo el tiempo de su ciclo de desarrollo de conflicto en un 40%-60%. AT&T redujo su tiempo de proceso a través de un nuevo switch digital miniprogramable en 46%. Deere Company redujo el tiempo de desarrollo de productos para la construcción de equipos en un 60%, el costo de manufactura en 30%-40% y el costo en desperdicio y retrabajo en casi un 75%. Mc Donnell Douglas redujo el costo de retrabajo en 29% y el costo de desperdicio en un 57%. Una típica distribución de ahorros en el tiempo del CVP se muestra en la figura # 6.



Fuente: US Air Force R&M 2000 Process Study Report (Oct.1987)

Figura # 6

Otros beneficios de la Ingeniería Concurrente son:

- *Racionalización:* el enfoque concurrente asegura que el diseño será racional para la capacidad del sistema de manufactura en el cual se convertirá de un intento a una realidad. El equipo se enfocará en una meta común en vez de metas conflictivas entre departamentos.
- *Trabajo en paralelo:* la principal ventaja de IC es que muchos procesos ocurren al mismo tiempo, lo cual es preferible a que ocurran uno después del otro.
- Reduce el tiempo perdido en comunicación: desde que el equipo multifuncional ha tenido el mismo objetivo, han estado más abiertos y dispuestos a comunicarse entre ellos, las comunicaciones tienden a ser más frecuentes y menos formalizadas. En un proceso lineal el equipo está dividido. Mucho tiempo es gastado en conflictos no necesarios.
- *Corrige errores y resuelve problemas rápidamente:* con IC existe una mejor oportunidad para corregir errores y resolver problemas, mientras todavía son fáciles de corregir. Cuando el producto está finalmente listo para la producción, hay menos cambios.
- *Flexibilidad para acomodar cambios:* cuando un trabajo es hecho en paralelo, provee al equipo la flexibilidad para acomodar los cambios y habilidad para adoptar rápidamente la situación o el requerimiento cambiado. Esta habilidad, en cualquier ciclo del producto provee un suave flujo de información a lo largo de toda la organización.
- *Provee una mejor recepción de información de un departamento a otro:* logra una inigualable colaboración entre ingeniería y manufactura. Permite obtener la concentración de los recursos para lograr una tarea. Además, varias disciplinas individuales también se benefician del trabajo en paralelo en el desarrollo de producto. En una variedad y complejidad de productos crecientes como los manufacturados hoy en día, la cercana cooperación entre el diseño electrónico y mecánico es crítica para la rapidez del desarrollo. La cooperación es importante en la misma manera para las demás disciplinas (diseño industrial, conceptual, análisis estructural, documentación técnica, etc.).
- *Documentación de la obsolescencia:* el largo intervalo entre el sistema desarrollado y el despliegue durante el diseño de producción tradicional incrementa la posibilidad de obsolescencia antes de que el producto esté listo para salir al mercado. En IC debido a que el tiempo para entrar al mercado es reducido, el efecto de obsolescencia sobre los costos es frecuentemente minimizado. Como resultado, IC no solo obtiene ahorros en el costo de desarrollo debido a la eficiencia,

productibidad y a los tiempos cortos, sino también reduce los costos no necesarios como clasificación de partes, herramientas, inventario, equipos de soporte, etc.

- *Reduce las curvas de aprendizaje:* un grupo multifuncional pueden ayudarse entre sí aprendiendo más rápido.
- *Mejor uso de los recursos técnicos adicionales:* al realizarse un proyecto más rápido la compañía puede usar todos los recursos utilizados en el mismo para el próximo proyecto.

IC en el Mundo

HONDA

Honda a finales de 1970 introdujo su propio sistema de Ventas-Ingeniería-Desarrollo (SED) para desarrollar productos. En esa época no se conocía IC como una metodología, sin embargo actualmente HONDA no la llama así.

En ese tiempo HONDA era una pequeña empresa de autos la cual sólo producía dos tipos de coches y camiones para carga ligera. Tenía reputación de fabricar motos lo cual hacía que la confiabilidad de sus autos no se consideraba importante.

El objetivo de la empresa al implantar este sistema era poder responder rápidamente a los requerimientos del cliente y a los movimientos de sus competidores, así como mejorar la calidad de sus productos.

Diez años más tarde gracias a su sistema SED, logró asegurar una buena reputación como fabricante de automóviles de excelente calidad. Su producción se duplicadó a dos millones de autos anuales; un tercio de esa producción era realizada fuera de Japón.

En Estados Unidos tenía registros entre los mejores autos vendidos en el país entre los años 89-90. En la actualidad produce nueve diferentes tipos de autos.

El sistema SED de honda funciona la siguiente forma: las ventas y los servicios funcionan como portavoz de los clientes, quienes interpretan las especificaciones del producto. Los miembros del equipo de desarrollo, trabajan básicamente en la calle, y observan cómo la gente siente las decisiones de diseño que afectan a sus consumidores. Por último el equipo de trabajo visita las diferentes distribuidoras para observar los problemas generados.

Nissan

En 1987 Nissan adoptó IC luego de perder su posicionamiento en el mercado automotor. Estableció una oficina de estrategia de productos y mercado, para determinar las tendencias de la demanda con responsabilidad de realizar la planeación de líneas de

productos, capacitación y comercialización. Nissan posee como fuerza de trabajo dos equipos, uno para la planeación del producto y otro para la comercialización del mismo. El equipo de trabajo incluye miembros de producción, control de calidad y pruebas. Adicionalmente otros expertos en el ciclo de vida del producto se pueden incluir eventualmente durante el desarrollo del proyecto.

Nissan por otro lado, posee un programa para explicar a sus proveedores cómo ellos desarrollan sus productos y cómo se encuentran involucrados los proveedores en el proceso. Para responder de forma rápida a los cambios del mercado adoptaron IC en sus plantas fuera de Japón, con énfasis en que sus proveedores deben ser flexibles de forma de crear un ambiente capaz de manejar los frecuentes cambios. En 1988 estableció un centro de IC con miembros de departamentos diferentes.

Xerox

A mediados de 1970 Xerox luego de dominar al mercado de la xerografía, empieza a perder mercado gracias a la competencia de compañías japonesas como Canon y a la baja calidad de sus productos. La xerografía cambió la forma en que operaban los negocios por lo que el crecimiento del mercado fue rápido, entonces Xerox necesitaba responder rápidamente a estos cambios pero con una calidad mejorada de sus productos. Xerox acostumbraba apresurar el diseño del producto hacia producción para poder igualar a la competencia, pero los resultados que obtuvo fueros rodeos del departamento de producción y muchas quejas por parte de los consumidores.

Fue así como inició su versión de IC en 1980 y lo denominó "Proceso de Entrega del Producto" (PDP) en el que el ingeniero de producción trabajaba conjuntamente con el diseñador; por lo que cada componente de la copiadora producida en los 70 fue rediseñada. Para conocer los problemas y alcanzar metas, envió un grupo de ingenieros de diseño y manufactura a visitar a los clientes e incluso repuso partes mal diseñadas por versiones mejoradas. Gracias al PDP, las ventas de productos Xerox aumentaron del 50% al 90%.

Volkwagen

En 1987 la administración de Volkwagen tomó la decisión re-ingeniar todo su sistema. El equipo de diseño debía tener miembros de investigación y desarrollo, ingeniería de manufactura, compras y mercadotecnia. Encontró que la aplicación de IC no puede hacerse tan sólo confiando en la comunicación electrónica, pues el ingeniero tradicional pasa su información sólo cuando ha terminado su trabajo, mientras que los ingenieros de las aplicaciones de IC podrían trabajar con datos incompletos. Puesto que dentro del

equipo de diseño se encuentran representantes del departamento de compras, pueden tomar la decisión de "hacer o comprar" lo más rápido posible dentro de la etapa de diseño. Cerró su departamento de Control de Calidad ya que cada departamento es responsable de su calidad.

Volkwagen utiliza un sistema CAD avanzado de la compañía Control Data que permite a varias actividades de ingeniería ser realizadas simultáneamente, por ejemplo, los estilistas pueden trabajar con el diseño del cuerpo, mientras que los ingenieros realizan simulación de la aerodinámica, esfuerzo torsional, examen de choque, etc.

La implantación de IC redujo el tiempo de entrega en el mercado de 48 a 32 meses.

BMW

En BMW muchos aspectos son semejantes a los de Volkwagen, con la diferencia de que BMW construyó primero un centro multidisciplinario de investigación y desarrollo. En este centro se encuentran los departamentos de Investigación y Desarrollo, Planeación Técnica, Tecnología de producción, Aseguramiento de Calidad, Análisis de Valor, Control de costos, Compras, Logística, Patentes y Personal.

IC en USA

La excelencia manufacturera japonesa hizo a la industria automotriz de USA darse cuenta de la necesidad de cambio. Se hicieron varias investigaciones y la solución encontrada fue IC.

A mediados de 1980 las compañías automotrices como Chrisler, Ford y GM adoptaron IC. Ford reaccionó al cambio gracias a la eficiencia de la producción japonesa, ya que el 25% de sus acciones en Mazda les dio una visión de cómo trabajaban los japoneses.

La implantación de IC en USA no tuvo el éxito esperado como sucedió en Japón, ya que la fuerza de trabajo no estaba acorde con la estructura organizativa existente. La participación de los proveedores en la fuerza de trabajo hacía el trabajo menos cooperativo, por no ser considerados como verdaderos socios. Fue luego de cinco años, cuando se alcanzó una verdadera IC. En consecuencia se produjo un aumento de los proyectos de hardware y software de IC de 18 M$ en 1990 y 90 M$ en 1995.

Otras empresas

Matsushita Electric Industrial, la gran compañía tras el nombre de Panasonic, ha estado muy cerca a aplicar IC por completo. Los vendedores trabajan directamente con el departamento de desarrollo de producto, y por eso la voz del cliente es fuertemente escuchada. Al igual que la mayoría de las corporaciones japonesas, Matsushita está

enfocada en disminuir el tiempo del ciclo de vida del producto. Existiendo un considerable solapamiento en el periodo de transición entre la fase de laboratorio a la producción.

En el caso de un proyecto para construir controles industriales, los ingenieros de producción comenzaron a diseñar sus equipos sólo después de dos meses de trabajo de los diseñadores del producto. La planta se construyó en seis meses, y el equipo de manufactura fue desarrollado sobre un periodo de doce meses (incluyendo el tiempo de construcción de la planta). La consolidación del proceso de manufactura continuó por otros doce meses, periodo en el cual la producción piloto se llevó a cabo. Estos controles están constituidos por una hoja de metal que sostiene un ensamble de piezas electrónicas. Matsushita opera seis días para realizar un ciclo, con los primeros dos días para la venta y la administración. En el tercer día, con información de CAM es verificada y la programación de la producción es determinada. La producción se realiza el quinto y el sexto día, y el ensamble es transportado inmediatamente.

No es sólo en las industrias de electrónica y automóviles en donde IC tiene sentido. Algunas compañías aeroespaciales, como Northroc, han adoptado IC. Aunque los productores pueden ver los beneficios substanciales de IC, tienen otro incentivo: el hecho de que el Departamento de Defensa (DoD) de USA está demandando su uso. Este es el movimiento más dramático que en USA ha orientado a las industrias a la implantación de IC.

Otras empresas que se pueden mencionar:

- Black & Decker (Towson, Maryland)
- Arms Company (Illion, New York)
- Du Pont
- Delco Remy: un set de 30000 equipos eléctricos para US Industry.
- Procter & Gamble (Cincinaty, Ohio)

"La comunicación es la piedra angular de cualquier esfuerzo de ingeniería exitoso. Ella dirige en las fundaciones, la construcción de un consenso y la toma rápida de decisiones... La necesidad de un flujo libre de información no está limitada a la comunicación organizacional. Esto se aplica a las herramientas computacionales, ya que ellas son las fundaciones en las cuales se construye la Ingeniería Concurrente".

Capítulo II

Herramientas Asociadas a IC

Capítulo II: Herramientas asociadas a IC

Desde hace una década o quizás dos, los avances en el diseño y desarrollo del producto, incluyendo tecnologías de manufactura, han sido revolucionarios. Diseño/Dibujo Asistido por Computadora - CAD; Manufactura Asistida por Computadora - CAM; Ingeniería Asistida por Computadora - CAE; Planeación del Proceso Asistida por Computadora - CAPP; Ensayo Asistido por Computadora - CAT; Control Numérico computarizado - CNC; y Manufactura Integrada por Computadora - CIM, han ayudado a reducir los ciclos de desarrollo de producto y a la vez reducen la enorme variabilidad inherente al proceso de producción. Estas y otras ventajas en automatización y sistemas integrados originan reducciones de costos que tradicionalmente eran asociados con economías de escala (Manufactura en lotes).

$$\text{Herramientas de computación} \cup (\text{CAD, CAM, } \ldots)$$

Es también necesario entender e implantar ideas tecnológicas como rapid prototyping, rapid inch-up , scale-down, y product churnig.

$$\text{Herramientas Tecnológicas}^{1} \cup (\text{RP, } \ldots)$$

Estas no son fórmulas que aseguran el éxito de IC. No se debe esperar que con sólo el uso de estas herramientas se logra la realización industrial. Éstas son como herramientas flexibles dentro de una caja de herramientas. Ellas tienen el potencial para reducir el tiempo del ciclo y por eso pueden ser usadas en un proceso de IC. Se deben tener las herramientas adecuadas para automatizar y efectivamente capturar un proceso IC consistentemente. Las mayorías de las técnicas que siguen la filosofía IC son fáciles de aplicar y sin ellas las herramientas no lograrían el beneficio esperado. Dichas técnicas son:

1. Despliegue de la función calidad - QFD.
2. Matriz de selección de Pugh.
3. Matriz de concurrencia.

[1] Este proyecto continuará con la tesis sobre Rapid Prototyping, la cual será realizada por los bachilleres Luis Pacheco y José Joaquín Pastor, estudiantes de Ingeniería Industrial en la UCAB.

Despliegue de La Función Calidad (QFD)

El diseño del producto tiene gran impacto sobre los subsecuentes procesos de fabricación de las partes. El diseño inicial del producto normalmente determina o representa un 70-80 % del costo total del diseño y manufactura. En la IC, el garantizar los diseños está propiamente involucrado con la incorporación de estrategias que incluyen Diseño para el Ensamble (DFA), Diseño para la Manufactura (DFM) (ver sección de DFM en este mismo capítulo), Diseño para el Servicio (DFS) y Diseño para el reciclaje (DFR) y otras DFX medidas. DFX califica el diseño para la X-habilidad, donde x puede simbolizar cualquier variable del CVP. Kodak ahorró $60000 en el rediseño de la parte de una fotocopiadora usando Rapid Prototyping. Las organizaciones pueden desplegar sistemas comunes, herramientas estandarizadas, métodos y prácticas para diseñar y desarrollar productos, cuartos de herramientas, diseños neutros, fabricación y construcción, y la infraestructura necesaria para soportar el negocio.

Una de las maneras de incorporar los deseos de los consumidores en las especificaciones de diseño de un producto es el despliegue de la función de calidad (QFD) Ver figura # 7. Este método, que utiliza equipos interfuncionales de las áreas de mercadotecnia, ingeniería de diseño y manufactura, se ha empleado en Toyota Motors, donde se atribuye la disminución de costos de los automóviles en más del 60% gracias a la reducción en los tiempos de diseño.

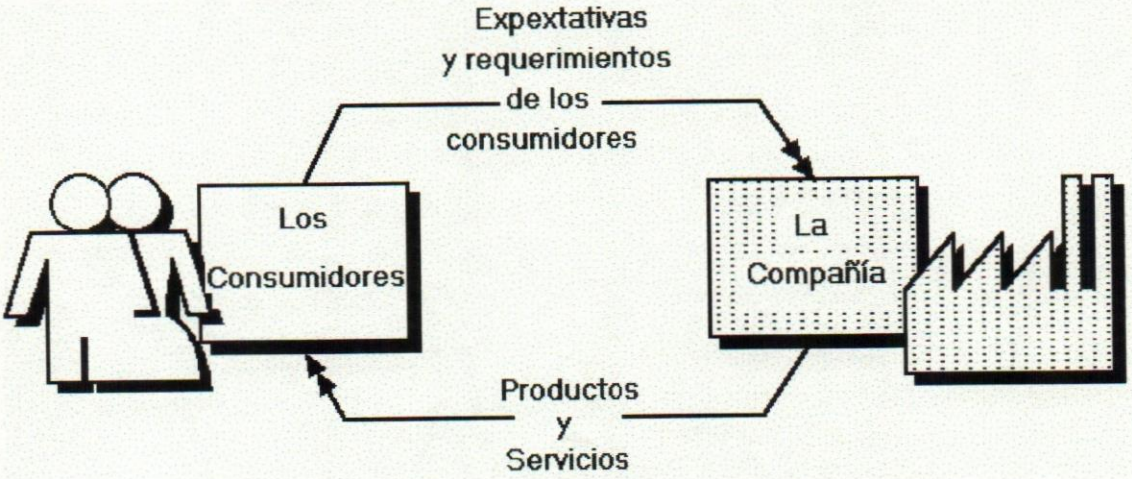


Figura # 7

El proceso QFD comienza por estudiar y escuchar a los clientes para determinar las características de un producto superior. Por medio de la investigación de mercado, se definen las necesidades y preferencias que tienen los clientes con respecto al producto y se dividen en categorías llamadas *atributos de los clientes*. Por ejemplo, un fabricante de

automóviles quiere mejorar el diseño de la puerta. A través de encuestas y entrevistas con los clientes, determina que dos importantes atributos que los clientes desean para una puerta de automóvil son: que permanezca bien abierta en una subida y que sea fácil de cerrar desde afuera. Luego de definir los atributos de los clientes, se ponderan con bases en su importancia relativa para el cliente; luego, se pide al cliente que compare los productos del fabricante con los de la competencia y los califique. Este proceso ayuda a la compañía a determinar las características del producto que son importantes para el cliente y para evaluar su producto con respecto a otro. El resultado final es una mejor comprensión y una identificación de las características del producto que se necesitan mejorar

La información de los atributos de los clientes forma una base para una matriz llamada ***casa de la calidad***. Al construir una matriz de casa de calidad, el equipo interfuncional del QFD puede usar la retroalimentación de los clientes para tomar decisiones de ingeniería, mercadotecnia y diseño. La matriz ayuda al equipo a traducir la información de los atributos en objetivos concretos de ingeniería u operativos. En conjunto, se establecen acuerdos sobre las características del producto y las metas para mejoras y se detallan en la casa. Este proceso alienta a los distintos departamentos a trabajar estrechamente relacionados y da como resultado una mejor comprensión de las metas y los asuntos de importancia de los demás. El beneficio más importante de la casa de calidad es que ayuda al equipo a centrarse en la construcción de un producto que satisface a los clientes.

Aunque parece complicada, no es difícil de comprenderla si se analiza por secciones. En el lado izquierdo de la casa están los atributos de los clientes, con la especificación de su importancia relativa para ellos. En el extremo derecho están las percepciones de los clientes de la forma en que se compara el producto en cada característica con los de la competencia. El segundo piso de la casa presenta las características operativas o de ingeniería del producto que probablemente afectan los atributos de los clientes. El equipo completa la matriz en el centro de la casa, indicando en qué medida afecta cada característica a cada atributo. El techo de la casa señala la relación existente entre dos características del producto e indica si la relación es positiva o negativa.La fuerza y dirección de cada relación se indican con símbolos codificados. El equipo QFD, también completa el techo de la casa, que indica las correlaciones entre distintas características operativas o de ingeniería, como se muestra en la Figura # 8.

La sección de ponderación de importancia, especifica la trascendencia de cada característica de la matriz. La ponderación se basa en los símbolos del centro de la matriz, que muestran la relación entre las características y los atributos de los clientes.

Luego el equipo define los valores objetivo para las características; son metas específicas (por lo general numéricas) que según el equipo le permiten cumplir con los atributos deseados por los clientes. Por último, el equipo compara las características técnicas de su producto con los de la competencia.

Requisitos del cliente \ Características de ingeniería		Energía necesaria para cerrar la puerta	Resistencia del sello de la puerta	Revisar fuerza en Suelo llano	Energía necesaria Para abrir la puerta	Transmisión, acústica, ventana	Resistencia al agua
Fácil de cerrar	7	◎	○				
Se mantiene abierta en	5			◎			
Fácil de abrir	3		○		◎		
No se filtra el agua	3		◎				◎
No pasa el ruido	2		○			◎	
Ponderación de importancia		10	6	6	9	2	3
Valores objetivo		Reducir energía a 1.04 Kg/m	Mantener el nivel actual	Reducir a 4 Kg.	Reducir la energía a 1.04 Kg./m	Mantener el nivel actual	Mantener el nivel actual

Figura # 8
Casa de la Calidad

Matriz de Pugh

El concepto de matriz de selección propuesto por Pugh es otro enfoque basado en una matriz para medir o determinar el concepto del producto. Al igual que QFD, está basado en una lista de requerimientos del consumidor.

El proceso Pugh se desarrolla en siete pasos básicos:

1. *Generar una lista de ideas o conceptos ordenados.* La mejor forma de generar dichas ideas es responsabilizando y delegando la toma de decisiones al equipo de trabajo. Esta lista corresponde a las alternativas de diseño representadas en columnas (B,C,D).
2. *Preparar una lista de criterios.* Los equipos deben crear una lista formal de necesidades del consumidor, la cual llamaremos lista de criterios. Cada criterio debe tener un peso o grado de importancia.
3. *Fijar el Datum.* El equipo debe establecer un diseño base para la comparación, y un conjunto de posibles diseños (alternativas de productos).
4. *Evaluar cada alternativa.* Luego se procede a la evaluación de cada alternativa colocada en el paso anterior, comparándola con el Datum. Donde "+" representa por arriba, "-" por debajo, e "=" a nivel del Datum (A).
5. *Buscar áreas de oportunidad.* Con los pasos anteriores se completa la matriz, luego de esto, se deben buscar oportunidades de mejora. En donde se empieza, con la mezcla de alternativas y características, obteniendo diseños híbridos.
6. *Escoger los tres mejores híbridos.* Se va al detalle, y se repiten los pasos anteriores, pero para estas tres alternativas solamente.
7. *Aplicar las técnicas de evaluación más fuertes*, tal como Taguchi[1] para tomar la decisión final.

A – Datum
B,C,D – Alternativas
H1, H2, H3 - Híbridos

Alternativas de diseño

Criterios	*A*	*B*	*C*	*D*	*H1*	*H2*	*H3*
Calidad	-	=	=	+	+	=	+
Peso	=	+	+	-	+	+	=
Costo	=	-	+	-	+	=	+
Inversión	+	=	-	=	=	+	+
Disponibilidad	-	+	-	-	+	+	=
Innovación	+	-	=	+	=	+	+

[1] Taguchi, G. Introduction to Quality Engineering. Asian Productivity Organization, Unipub, White Plains, NY 1986.

Matriz de concurrencia

La Matriz de concurrencia es una herramienta básica que se usa para determinar el grado de integración multifuncional en proyectos de desarrollo de nuevos productos. Se aplica a un set representativo de proyectos de desarrollo, para analizar la actuación específica de cada proyecto, y para calcular el perfil y los promedios de amplitud de la organización. En proyectos continuos, se aplica durante las fases de planificación para ayudar en la determinación de los requisitos de habilidad y niveles del personal. En los desarrollos mayores se usa como una herramienta de "revisión".

La Matriz de concurrencia debe construirse dos veces durante la aplicación de un programa de IC. Inicialmente, durante la fase de diseño conceptual, debe construirse usando el procedimiento actual de desarrollo de la compañía. Entonces, una vez que las consideraciones del proceso de desarrollo concurrente se han definido, debe construirse para utilizar el nuevo marco de trabajo.

Durante la fase conceptual, los gerentes del programa que eran o son responsables de la carpeta o portafolio de proyectos representativos, deben lograr estar de acuerdo y en términos comunes para la determinación de la matriz básica. Los gerentes del programa deben estar de acuerdo en dos áreas. Primero, la lista de funciones centrales del desarrollo de nuevos productos en la compañía, cada una de estas funciones se vuelve una fila en la matriz. Segundo, ellos deben estar de acuerdo en las fases mayores que actualmente existen en el proceso de desarrollo de nuevos productos. Aunque la mayoría de los fabricantes tienen documentado el proceso de desarrollo de producto, hay una amplia gama de enfoques aplicados. Los gerentes del programa deben estar de acuerdo en todas las fases mayores que aplican a cada uno de sus proyectos. Estas fases se vuelven las columnas de la matriz. Con esta información a mano, la matriz es construida. Ver Figura # 9. Durante la construcción de la matriz, es muy útil definir de una a tres actividades que ocurren en cada celda de la matriz. De nuevo, los gerentes del programa deben hacer esto juntos. Este mapa debe limitarse a una sola página de papel. Hay literalmente miles de actividades que las funciones realizan durante cada fase de desarrollo. El desafío aquí, para los gerentes del programa, es el ponerse de acuerdo con respecto cuáles son las actividades de cada celda de las "fases de las funciones" en la Matriz de Concurrencia.

Esta única página del marco de trabajo de la matriz de concurrencia, se vuelve la norma por la que todos los proyectos representativos están basados. Cada gerente del programa aplica ahora la herramienta a sus proyectos. Una vez que en cada proyecto se ha completado esto, se calcula el promedio de la compañía.

La Matriz de concurrencia proporciona mucha información sobre el nuevo proceso en una compañía. Aquí se discuten tres áreas.

- Desempeño del equipo en los proyectos específicos
- El cálculo numérico del "% de concurrencia"
- Las deficiencias sistemáticas de la organización.

	Fases			
Función	**Factibilidad**	**Diseño**	**Ensayos**	**Lanzamiento**
Mercadeo				
Ing. Hardware				
Ing. Software				
Ing. Producción				
Servicios				

Figura # 9

Esta información constituye "el desempeño del equipo en los proyectos específicos". Si se observan ocurrencias similares en varios proyectos, o en conjunto dentro de la carpeta de proyectos representativos, entonces es posible trazar conclusiones significativas basadas en hechos, sobre "deficiencias sistemáticas de la organización ".

Cada celda posee 2 puntos por definición. Cuando se realizan las actividades de una celda completamente en el periodo de tiempo especificado, entonces se otorgan 2 puntos y la celda se tiñe de negro totalmente. Si sólo una porción de las actividades se realizan, y/o ellas se realizan tarde, entonces un se tiñe media celda o se le otorga una celda vacía. Las medias celdas corresponden a 1 punto, las celdas vacías a ceros puntos.

La matriz de concurrencia básica trae beneficios inmediatamente a la compañía. Aunque se esté empezando a determinar el proceso global de IC que se necesita, y se está todavía a muchos meses de llevar a cabo el programa, es posible hacer correcciones inmediatas basadas en estas deficiencias sistemáticas de los proyectos actuales.

Se puede resumir dicho proceso en siete (7) pasos a seguir (ver figura # 10):

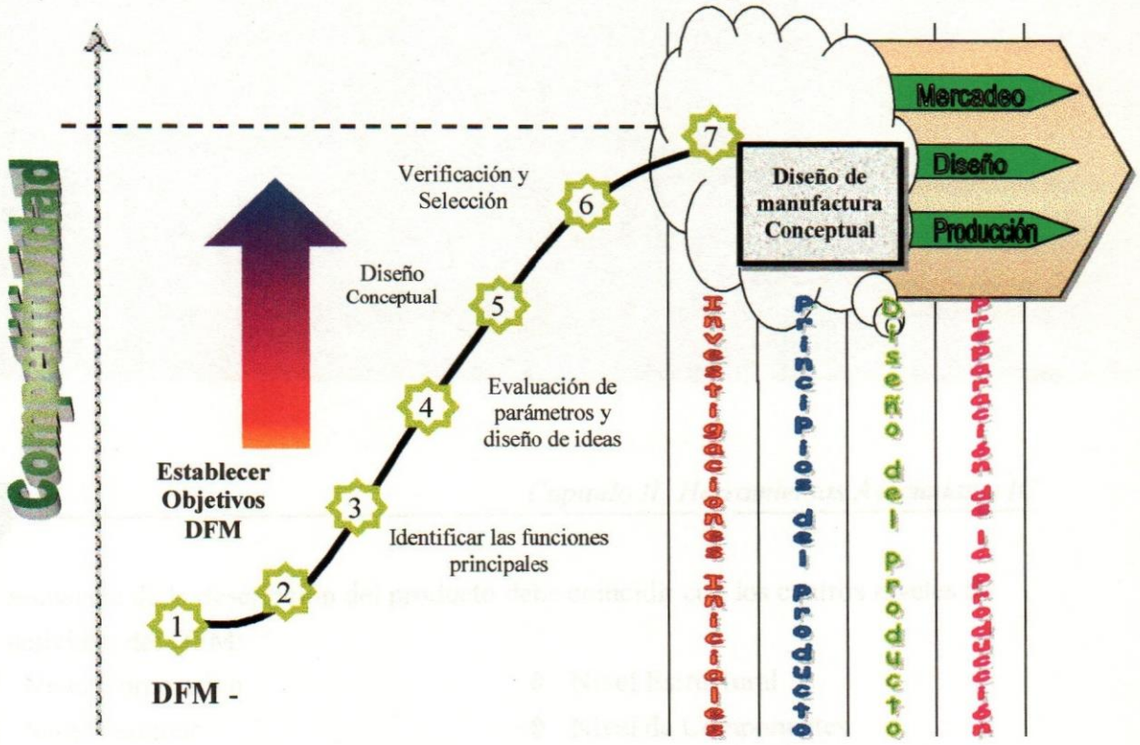


Figura # 10

1. Determinación de la manufacturabilidad del producto actual y su comparación con productos similares en el mercado.
2. Establecer los objetivos de manufacturabilidad del futuro DFM, basados en:
   - Costos de producción (Directos/Indirectos)
   - Calidad
   - Efectos Secundarios al Ambiente (Desechos).
   - Flexibilidad
   - Riesgo
   - Tiempo de producción
   - Eficiencia (Personal/Inversión)
3. Clarificar e identificar las principales funciones y cuellos de botella del proceso y sus interacciones.
4. Determinar y evaluar los parámetros que influyen en el desempeño del diseño y aplicar las ideas para las principales funciones, enfocándose en cada nivel: corporativa, familia, estructura y nivel componente.
5. Generar una alternativa de los diseños conceptuales a través de la determinación de las características del producto desde lo mas general hasta cada átomo del mismo. La

Actualmente CAD se usa para diseñar trajes de baño a la medida. En los programas CAD se introducen las medidas de la persona, junto con el tipo de traje deseado. El diseñador trabaja junto con el cliente y modifica el diseño del traje, que muestra en la pantalla de la computadora la silueta del cliente. Una vez que se decido cuál será el diseño, se imprime el patrón, se corta el traje y se cose allí mismo.

Una de las limitaciones prácticas de CAD es el extenso tiempo de programación que se requiere para incluir en la base de datos todas las partes de un producto complicado. No obstante, casi todos los fabricantes, desde Apple hasta Xerox, consideran a CAD como una de las áreas prioritarias de desarrollo técnico.

Cuando se diseña un producto, un gran número de herramientas CAD son requeridos en la estación de diseño para examinar la influencia de éste en el ciclo de vida. Este podría ser un ambiente de diseño integrado, en el cual todas las herramientas del sistema CAD interactúan y cooperan para encontrar un diseño globalmente optimizado.

CAD está reemplazando el dibujo o diseño tradicionalmente hecho a mano. La parte más importantes de CAD es la poderosa mesa de dibujo que representa la computadora y el software gráfico que permite al diseñador manipular la geometría de la figura. El diseñador crea el dibujo en el monitor de la computadora y además puede ver múltiples vistas del objeto, que concuerdan con los ensayos de dureza y resistencia. Usando los datos de diseño que se encuentran o almacenan en la memoria, los ingenieros de manufactura y otras personas pueden obtener rápidamente los planos (con tan solo imprimirlos) y las especificaciones de las partes del producto. CAD además contribuye a eliminar los desperdicios o desechos y a prevenir errores, con lo que ayuda a la implantación de sistemas Just in Time (JIT).

Aunque CAD, nos permite economizar tiempo en el dibujo de la pieza hay que tener un conocimiento previo de las normas utilizadas para la presentación de los planos (DIN) y se deben conocer los comandos necesarios para la correcta interacción entre el usuario y la computadora.

CAD/CAM/CAE

El primer requerimiento técnico para IC es una correcta y apropiada instalación de un sistema de diseño-manufactura asistido por computadora (CAD/CAM), el cual usa una computadora para unir el diseño de la pieza y las instrucciones de procesamiento. En los sistemas de CAD/CAM actuales, el diseño final se enlaza con CAM por medio de la elaboración de las instrucciones de manufactura.

Con CAD/CAM/CAE se pueden producir más opciones de diseño y las especificaciones suelen ser más precisas. Las actualizaciones son rápidas y es fácil de obtener estimaciones de costos; además, la planificación de procesos asistida por computadora (CAPP) contribuye a la reducción del tiempo de planificación de los procesos. Los programas CAPP, son el apoyo computacional para el desarrollo del proceso en sí, crean las especificaciones para el control del proceso, las rutas de manufactura, la prueba de calidad y las especificaciones estadísticas del control de calidad, la programación en Control Numérico (NC), así como la validación de la factibilidad de manufactura de los diseños de los productos. CAPP y las aplicaciones de Tecnología de Grupo han ayudado a hacer que estas funciones sean más sencillas y eficientes.

Diseño para Manufactura (DFM)

El Diseño para Manufactura es la habilidad para desarrollar el diseño de un producto, permitiéndole ser competitivo en el proceso de manufactura.

Para traducir el diseño funcional a un producto que pueda fabricarse, los diseñadores deben considerar numerosos aspectos. Pueden usar distintos materiales, de varias maneras, para fabricar el mismo producto.

Al seleccionar cualquier diseño para la manufactura, los diseñadores deben seguir ciertas reglas, dependiendo del proceso que seleccionen. En el diseño para manufactura también es deseable reducir el número de componentes. En la electrónica, los fabricantes combinan circuitos para crear circuitos integrados cada vez más grandes. Esto no solo aumenta la velocidad y la confiabilidad, sino que reduce el tamaño físico.

Los resultados de la actividad de diseño del producto son las especificaciones del producto, que proporcionan la base para la toma de decisiones relacionadas con la producción, como la compra de materiales, la selección del equipo, la asignación de trabajadores y el tamaño y la forma de la instalaciones de producción. Aunque generalmente se piensa en las especificaciones como planos o dibujos de ingeniería, muchas veces tienen otra forma, desde precisos enunciados cuantitativos y cualitativos hasta normas bastante fluidas.

Al diseñar para la manufactura, debemos recordar el diseño para el consumidor. Una regla básica del diseño es:

"Sea obvio. Diseñe un producto para que un usuario pueda verlo, comprenderlo y saber cómo utilizarlo, rápidamente y sin manual de instrucciones. [1]*"*

Las ideas para el DFM pueden clasificarse según cuatro niveles diferentes

En la búsqueda de ideas para el DFM, es recomendable direccionar las conexiones existentes entre el diseño y la manufactura a través de los cuatro niveles diferentes del producto:

1. *Nivel Corporativo:* La interacción entre el producto y los otros tipos de productos de la compañía.
2. *Nivel Familiar:* Las relaciones entre las diferentes variantes dentro de una misma familia de productos.
3. *Nivel Estructural:* Las relaciones entre los diferentes sub-sistemas o componentes.
4. *Nivel Composicional:* El diseño o especificación de cada componente individual.

[1] Kevin N. Otto, Assistant Professor, Engineering Design Research Laboratory. MIT.

Dichas herramientas pueden estar soportadas por un software el cual proporciona un ambiente común de operación, una correcta guía para el diseñador en todo el proceso, con el que se puede lograr el diseño de máxima calidad, el cual podrá ser producido al más bajo costo y en el menor tiempo posible. Dentro de las más poderosas características del sistema se encuentran la habilidad para desarrollar modelos de sólidos complejos y la capacidad para ejecutar análisis de ingeniería, incluyendo análisis de esfuerzos, interferencia entre objetos, detección de colisiones, y análisis inercial. Pero ellos no evalúan los costos ni la manufacturabilidad del producto. A continuación se muestra la secuencia funcional de estas herramientas:

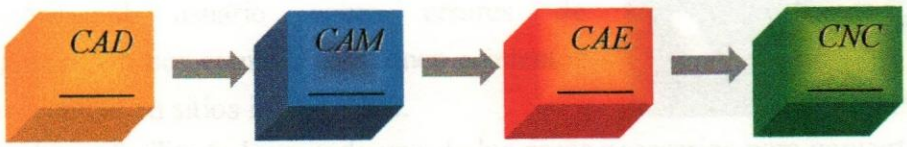


Figura # 11

Con los sistemas CAD/CAM/CAE, se puede revisar el día a día, de lo que ocurre en el proceso de manufactura. Esto garantiza que las funciones de ingeniería y diseño están respondiendo de la mejor manera a las necesidades de los consumidores.

Por otro lado, la industria de la computación ha sido lenta en reconocer las necesidades que tienen las empresas de vincular todos los sistemas que ellos emplean, pero el ambiente de los negocios está comenzando a forzar al mercado electrónico a abandonar sus prácticas antiguas de forma que varios negocios se puedan comunicar entre sí (ver anexo F).

Los sistemas CAD tienen diversas funciones en el proceso de diseño, entre las cuales las más importantes son las siguientes: definición o construcción geométrica de la pieza de trabajo, almacenar o guardar datos y en muchos casos definir las propiedades del material. También permiten hacer un análisis cuantitativo de las soluciones de la pieza usando algún método numérico, a través de CAE, en la actualidad él mas utilizado es el llamado Método del Elemento Finito, para el cual se requiere una completa definición geométrica de la pieza.

Al usar CAM, el proceso comienza guiando al usuario en la elaboración de un plan de trabajo que contiene todo el conjunto de herramientas y la información previa necesaria para la elaboración de la pieza, avances, velocidades de corte, refrigeración de la herramienta. Todos los datos se introducen mediante un dialogo entre el usuario y los menús que va presentando la computadora.

El siguiente paso es pasar los datos y medidas del plano elaborado con el sistema CAD al sistema CAM. Utilizando la información de las herramientas contenidas en el plan de

fabricación disminuyen por que los dibujos pueden ser elaborados rápidamente y la posibilidad de que el operario pueda retrasar la ejecución del trabajo es menor.

6. *Reparación de la máquina:* resulta simplificada por la eliminación de las bridas de sujeción, prensas, comparadores y por la automatización de los mandos: velocidad de giro del huesillo, avances, compensaciones de las herramientas.
7. *Facilidad:* la información geométrica contenida del software libera al usuario de tener que aprender lenguajes o comandos especiales de programación. La modificación gráfica del recorrido de la herramienta es una de las formas más fáciles y sencilla de traducir el dibujo al código CNC de forma completa.
8. *Velocidad:* los sistemas CAD/CAM contienen información geométrica y una base de datos extensa en lo que respecta al recorrido de las herramientas lo cual elimina mucho tiempo dedicado a la programación.

Desventajas de los Sistemas CAD/CAM/CAE

Estos sistemas se utilizan para grandes producciones o para trabajos de gran precisión, de esta manera no se justifica la adquisición de estos equipos para industrias pequeñas.
El costo tanto del software como de la máquinas de control numérico es elevado, así como la preparación del personal técnico encargado del manejo de los mismos.

Manufactura Integrada por Computadora (CIM)

Las competencias nacionales e internacionales son cada vez más fuertes. El promedio de los ciclos de vida de productos es ahora de unos 12 a 18 meses, y se reducen cada vez más[1]. Los consumidores y los usuarios de los productos manufacturados exigen productos más a su medida, que satisfagan sus necesidades. Frente a estas presiones, los fabricantes buscan nuevas maneras de mejorar su posición competitiva. Para muchas compañías la repuesta se halla en las tecnologías de automatización. Los sistemas automatizados de manufactura tienen el potencial para lograr un nivel de rendimiento sin precedentes, en las cuatro dimensiones estratégicas de costo, calidad, entrega y flexibilidad. Además de mejorar la productividad, la automatización también ha mejorado la calidad del producto y ha permitido diseñar y manufacturar nuevos productos con rapidez.
Básicamente, CIM es un complejo, un sistema de múltiples etapas o capas, diseñado con el propósito de minimizar los desperdicios. Está basado en el uso de un sistema de computación, por medio del cual se puede controlar los procesos, además posee un alto nivel de integración automatizado en todos los niveles de las industrias manufactureras,

[1] James R. Koelsch, "Robots: The Keystone of Flexible Assembly"

con el cual se vinculan automáticamente especies de islas, que representan los diferentes procesos. Las tecnologías aplicadas dan un uso intensivo de sistemas de red de computadoras y de datos de técnicas de procesamientos.

CIM cubre todas las actividades relacionadas con una empresa manufacturera, incluyendo:

- Evaluación y desarrollo de diversas estrategias para productos.
- Análisis de mercados y generación de pronósticos.
- Análisis de productos o características de mercados, así como la generación de posibles sistemas de manufactura.
- Diseño de componentes para la manufactura.
- Evaluación y determinación de especificaciones, capacidades de producción, esquemas y estrategias de control, relacionadas con el diseño y proceso de fabricación involucrados en un producto en particular.
- Análisis y apoyo para seleccionar los parámetros de control de calidad, volumen de producción y gerarquización de la información de los procesos.
- Análisis de factores económicos específicos y a todo nivel.
- Análisis y suministro de los datos en el nivel, tiempo y formato adecuado

Generalmente, el propósito de CIM es la reducción del tiempo requerido para el desarrollo de productos y para la producción continua, esto requiere de una integración de todas las fases secuenciales para la creación de un nuevo proceso de IC. Un mejor plan de trabajo y una mejor calidad podrán lograrse si se considera en forma temprana toda la información relevante. Una reducción en los costos pude esperarse, debido a la reducción de la entrada de datos repetidos al sistema por mala administración, o por el aumento de la transparencia en el proceso de manufactura.

CIM ha ayudado a muchas firmas de industrias, que se mantiene competitivas todavía en los mercados actuales. Por ejemplo, McDonnell Douglas, gastó $ 10 millones en 1989 al introducir CIM en una fábrica de misiles en Florida. La compañía instaló un sistema de computadoras, el cual automáticamente programa las tareas de manufactura, mantiene la ruta (carril, camino, pista) de las labores, y envía las instrucciones a los terminales de las computadoras instalados en las estaciones a lo largo de toda la línea de ensamble, esto eliminó el papeleo. Luego de la implantación, los trabajadores aumentaron un 30 % su trabajo ya que ahora no tienen que estar revisando papeles nuevamente.

CIM es donde los sistemas asistidos por computadoras tales como Diseño (CAD), Manufactura (CAM), Ingeniería (CAE) y Planeación de Procesos (CAPP) en lugar de estar independientemente desarrollados se encuentran en forma integrada, el diseño y la

manufactura están relacionados y efectivamente controlados por medio los sistemas de computación, tal como se muestra en la siguiente figura.

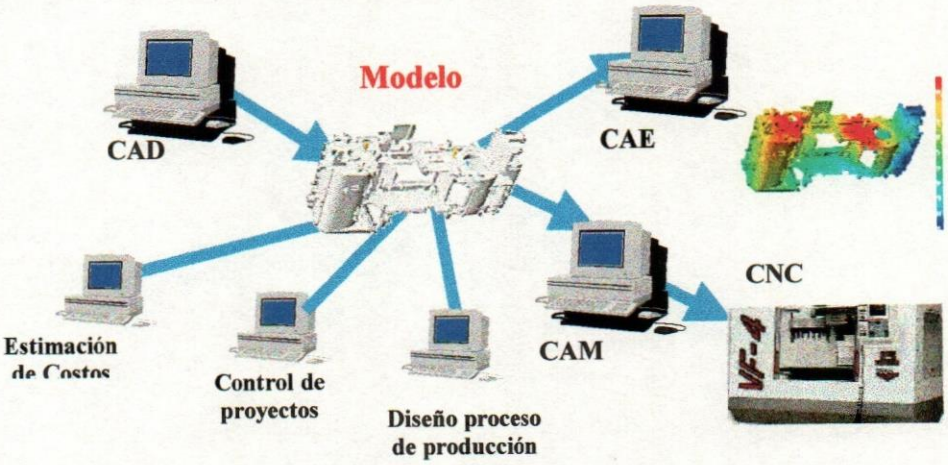


Figura # 12

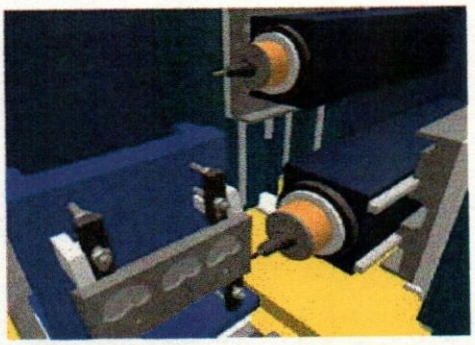
La tecnología CIM crea un potencial para la racionalización de la ingeniería por medio de sistemas y planificación de la producción, específicamente en compañías con mucho trabajo mecanizado. Si CAD tiene capacidad de tres dimensiones, un diseño puede definirse con la computadora, lo cual es una gran ventaja para geometrías complicadas así como para superficies curvas. En CIM es posible transformar las descripciones de superficies en los programas, controlando las secuencias cortantes de muchas máquinas y simplificando muchas labores de ingeniería.

Un potencial para la racionalización existe no sólo con relación a las operaciones de maquinado sino también en la industria del ensamble. En la forma tradicional los trabajos de ingeniería de producción pueden comenzar fácilmente, ya que está creado un diseño tentativo. Durante el desarrollo del proceso, un número de decisiones, de crucial influencia en la producción subsiguiente son tomadas. Al un producto estar diseñado, los métodos para su manufactura y ensamble son determinados, arrojando consecuencias en los costos de producción y en el ambiente de trabajo de los establecimientos. Cuando finalmente se detecta que los métodos para el ensamble están generando problemas, generalmente es tarde para remediarlo, debido a los cambios en el diseño y en el proceso de producción. No obstante, con CIM, el planeador es capaz de conocer las condiciones insatisfactorias con suficiente tiempo para realizar los cambios sin traer consecuencias.

En términos amplios el beneficio de los sistemas de control en las industrias, es que permite una perspectiva global de la empresa y de las estrategias de producción,

trabajo, elaborado previamente, se genera un programa completo en código CNC para la elaboración de la pieza en la máquina que se especifique: fresadora, torno, taladro, medidoras por coordenadas o centros de mecanizado. Por último la transmisión de información a la máquina se hace fácilmente por un medio de un puerto serial (anexo H)

.



El software puede incluir rutinas para ciclos de fresado y torneado o cualquier otra operación de mecanizado, bien sea en pasadas de acabado o de desbaste. Una gran parte de la información previene al usuario sobre errores de programación por ejemplo colisiones e intentos de mecanizar en sitios inaccesibles.

Este último facilita todos y cada uno de los pasos necesarios para convertir el diseño en una pieza terminada. En poco tiempo se puede convertir un plano en un programa CNC, tarea que normalmente puede consumir horas de trabajo.

Los sistemas CAD o CAM pueden ser utilizados en forma independiente, cuando se utilizan simultáneamente la productividad aumenta.

Ventajas de la utilización de los sistemas CAD/CAM/CAE

1. *Posibilidad de fabricación de piezas complejas:* gracias a los sistemas CAD/CAM/CAE se pueden obtener piezas muy complicadas como superficies tridimensionales o contornos difíciles de trazar por métodos convencionales, tales como moldes y logotipos.
2. *Seguridad:* el operario tiene como funciones introducir los datos al sistema CAD, para la elaboración del plano, y el montaje y desmontaje de las piezas, con lo cual los riesgos de accidente en la locución de un trabajo son mínimos.
3. *Precisión:* como el sistema está diseñado para el trabajo en máquinas de control numérico las piezas fabricadas resultan más precisas y con error de tolerancia mínimos.
4. *Flexibilidad:* solamente con cambiar la selección en el sistema o introducir un disquete con información diferente a la actual, para que la máquina fabrique una pieza distinta los planos y programas elaborados con el sistema pueden ser almacenados.
5. *Tiempos de producción:* estos resultan mínimos, debido a la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío de la máquina y la rapidez de los posicionamientos electrónicos de control. El tiempo total de los procesos de diseño y

basándose en el tiempo de operación en vez de estudiar el desempeño después de haber sido producido.

CIM favorece el ***Overlapping*** de los procesos, y en IC esto es fundamental ya que involucra tener las etapas de ingeniería de proyecto "solapadas". Por ejemplo, el equipo de diseño comienza la planeación de los recursos y de la producción antes de que el diseño del producto haya sido terminado. Esto significa una participación del personal de manufactura en el proceso real de diseño que puede originar ahorros significativos en el desarrollo y costos de producción.

Sin la Sincronización entre las etapas, IC no funciona.

La ***sincronización*** determina la cantidad de solapamiento entre dos etapas. Este principio es básicamente la regulación del tiempo en que la siguiente etapa sea involucrada en las etapas del proyecto. La sincronización tiene que existir también trabajando en paralelo, donde muchos departamentos o grupos están involucrados en el proyecto simultáneamente. Por ejemplo, si no existe sincronización entre el diseño y la manufactura, entonces puede incrementarse rápidamente los costos y el tiempo de producción. Por lo tanto, un proyecto de IC es sincronizado para que la adaptación del producto no afecte significativamente la producción. En el proyecto de IC es necesario una eficiente comunicación y un equipo de trabajo multidisciplinario. Sin embargo, la sincronización no tendría efecto en la IC si no existiera una integración entre las diferentes etapas y equipos de trabajo.

La ***integración*** entre todas las etapas y grupos del proyecto reduce los problemas de la comunicación. Por ejemplo, las facilidades de IC ahora son ofrecidas por las herramientas de computación donde al compartir las bases de datos permiten trabajar simultáneamente o en paralelo. Esto reduce la interrupción de la comunicación, pero sin embargo, sin una comunicación efectiva la IC tampoco puede trabajar.

La ***comunicación*** es el vínculo entre todos los pasos y grupos en la ingeniería de proyectos. Comunicación efectiva debe existir entre consumidores, mercados, proveedores, diseño, planeación de la producción, y manufactura. Esto es especialmente crítico donde existen diferentes puntos de vista y perspectivas entre las dos partes. La colocación de equipos multidisciplinarios es una parte importante de IC, sin embargo quizás no sea económicamente viable o factible, por lo tanto una segunda opción es el establecimiento de reuniones entre departamentos a través de medios electrónicos. Uno de los vínculos más importantes de la comunicación es entre el departamento de manufactura y diseño, donde los conceptos de diseño son fabricados por el equipo.

Por otro lado CIM es una versión automatizada del proceso genérico de manufactura, donde se reemplaza cada función por un conjunto de tecnologías automatizadas. Además

se sustituyen los mecanismos de integración tradicionales de la comunicación escrita y oral por tecnología de computación. Con CIM, las tres funciones principales de la manufactura (diseño de producto y procesos, planificación y control, y proceso de manufactura en sí) son reemplazadas por seis áreas funcionales: diseño asistido por computadora, tecnologías de grupos, sistemas de planificación y control de manufactura, manejo automatizado de materiales, manufactura asistida por computadora y robótica.

Incluye ***la ingeniería asistida por computadora*** (CAE) que se usa para evaluar y efectuar análisis de ingeniería de una pieza.

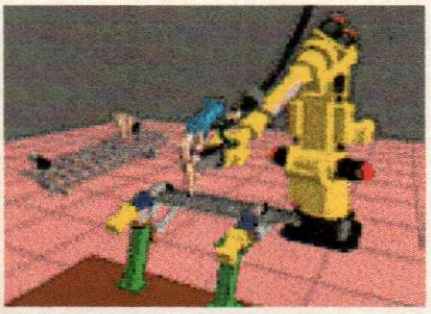
También incluye dos tecnologías relacionadas con el diseño del proceso de manufactura: se puede usar para diseñar procesos de control numérico a una pieza, que proporcionan instrucciones a las herramientas controladas por computadora, y para diseñar el uso y la secuencia de los centros de mecanizado.

Muy relacionada con CAD en el proceso de diseño está la ***tecnología de grupos (GT).*** Metodología de producción que utiliza el sistema de computación para clasificar, codificar y agrupar piezas y procesos con bases en la geometría de las piezas. Se usa mucho para identificar celdas de grupos de máquinas que están estrechamente relacionados con una familia de piezas.

Los sistemas de planificación y control de manufactura *(MP&CS)* automatizados no son más que sistemas de información en computadoras. Sirven para planificar y programar operaciones, comparar opciones, actualizar datos en forma continua, supervisar operaciones y elaborar proyecciones de resultados operativos. Los más complejos también incluyen el procesamiento de pedidos, el control del taller, las compras y la contabilidad de costos.

Los sistemas de manejo automatizado de materiales (AMH) están muy relacionados con los MP&CS. Éstos incluyen a los sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación, donde una computadora dirige a cargadores automáticos para que recojan artículos a granel y regresen los sobrantes para almacenarlos. También incluyen sistemas de vehículos autoguiados (AGV), que usan alambres en el piso para dirigir sin conductor a diversos lugares de la fábrica para entregar materiales.

La Robótica está vinculada con CAM. Un robot es un manipulador multifuncional, programable, con un dispositivo (un sujetador, soldador o manguera de pintura) como extremidad, que se emplea en tareas de la fábrica que pueden dividirse en operaciones independientes. Muchas veces se emplean robots para soldadura de punta y montaje.



Todas estas tecnologías de CIM se unen en un enlace de comunicaciones, que es posible gracias a la tecnología de la computación. Aquí es importante ligar las bases de datos de los distintos componentes, ya que así se obtiene todo el poder de CIM, con esta integración de datos, los sistemas CAD pueden enlazarse con programas de control numérico de CAM, y se puede unir los MP&CS con los sistemas AMH para mejorar la lista de selección de piezas. En un sistema completamente integrado se puede establecer una interfaz entre cada una de las tecnologías de automatización y las demás, gracias a la tecnología avanzada de la computación.

Beneficios de CIM

Los beneficios que se pueden obtener de una implantación de CIM pueden ser inmediatos o a largo plazo. Por lo general los inmediatos son resultado de la reducción de mano de obra y materiales, así como de una mayor productividad y calidad. Los beneficios más importantes a largo plazo incluyen:

- La introducción más rápida de nuevos productos.
- Mejor control de los costos y gastos.
- Eliminación de desperdicios y esfuerzos duplicados.
- Mayor competitividad en el mercado.
- Mayor satisfacción al cliente.
- Mayores oportunidades en los nuevos mercados y en los existentes.

Estos beneficios son el resultado de la acción combinada que se obtiene al poner a trabajar la información integral en las áreas funcionales de su operación: ingeniería de diseño, planeación de productos y operaciones en la planta, así como en la red de proveedores, contratistas, canales de distribución y servicio.

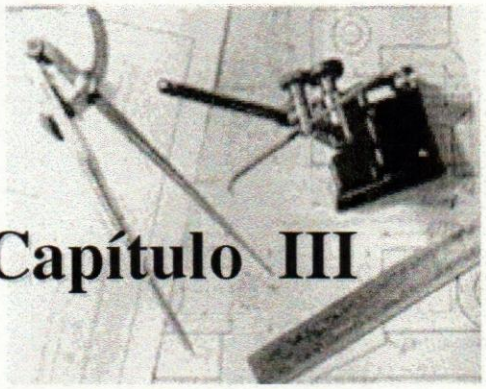
Un estudio realizado por el "National Research Council" de los Estados Unidos, identificó varios beneficios obtenidos por diferentes compañías, al implantar CIM. Algunos de ellos se muestran a continuación[2]:

- Reducción entre un 15 y 30 % en el costo de diseño e ingeniería.
- Reducción entre un 30 y 60 % del tiempo de producción.
- Mayor rendimiento del producto.
- Incremento entre un 30 y 60 % en la productividad.
- Disminución entre un 5 y 20 % de los costos de personal.

En resumen, todos estos beneficios redijeron el costo del producto y se reflejaron en el punto más importantes: "Las utilidades".

[2] Manual CIM de IBM.

La realidad puede no parecerse a lo esperado. Pero, si la preparación es adecuada se podrá reaccionar debidamente, culminando el aprendizaje con el trofeo de la experiencia."



Capítulo III

Plan de Mercadeo

Capítulo III: Plan de Mercadeo

Estudio de mercado

Para lograr la implantación de IC en cualquiera de las vertientes propuestas en este capítulo se debe, *en primer lugar*, establecer las razones por las cuales la filosofía de IC tendrá cabida en las áreas estudiadas:

1. La compatibilidad del enfoque de desarrollo de producto concurrente con el perfil del Ingeniero Industrial del siglo XXI.
2. Es la próxima frontera en la manufactura[1].
3. Brinda una integración de técnicas para descifrar las necesidades del consumidor.
4. Clasifica a la universidad como una institución con tecnología de avanzada.
5. Posiciona a la UCAB como la primera alma máter donde se imparta una filosofía con su aplicación real dentro del sector producción.
6. Contribuye al desarrollo integral de la UCAB, en línea con los proyectos que este centro educativo tiene a corto, mediano y largo plazo.

En segundo lugar realizar un análisis del entorno actual (ver anexo I), para identificar las oportunidades y amenazas que se presentan:

Debilidades	Amenazas
◈ Falta de expertos en el área ◈ Rápida evolución de la tecnología ◈ Gran Inversión Inicial	◈ Demanda altamente variable ◈ Hoy compañía "X", mañana la "Y" ◈ Introducción de competidores en el mercado
Fortalezas	**Oportunidades**
◈ Talentos y Cooperación ◈ Trabajo en grupo ◈ Motivación ◈ Trabajo Concurrente ◈ Competitividad en el mercado	◈ Espacio en blanco en Venezuela ◈ Introducción de nuevas técnicas ◈ Introducción del concepto IC ◈ Entrenamiento ◈ Simplificación del trabajo

Tabla # 2

Objetivos del Estudio de Mercado

1. Identificar la cabida de IC dentro del perfil del Ingeniero Industrial[2].
2. Demostrar la necesidad de realizar estudios especializados en el área de IC, ya sea a nivel de pregrado o de postgrado.

[1] IC es la última tendencia para aumentar la manufacturabilidad.
[2] Perfil discutido con el Ingeniero Armando Gallo.

3. Demostrar que existe suficiente demanda del servicio de desarrollo de producto, para justificar la instalación de un centro de desarrollo de productos con tecnología avanzada.

Estudio de Oportunidad

En el día a día donde la globalización es cada vez mayor, se habla con mucho énfasis sobre cómo las compañías podrán mantener y mejorar su posición en los mercados mundiales, además de incrementar su competitividad. Una solución a este problema es la aplicación de IC. De allí surge la idea del desarrollo de un plan de acción para la implantación de IC en la UCAB a través de las siguientes propuestas:

A. En el área académica:

A.1. Una especialización en desarrollo de producto.

A.2. La incorporación de una asignatura de IC a la carrera de Ingeniería Industrial; luego de una cadena de materias que la soporten.

A.3. Un seminario de IC dentro de los programas de Formación Continua de la UCAB para profesionales universitarios.

B. En el área de servicios:

B.1. El servicio de consultoría para la implantación de IC en la Industria.

B.2. Un laboratorio que ofrezca la alternativa de desarrollo y diseño de productos, a la industria en general.

B.3. El servicio de alquiler del manejo y utilización del laboratorio a agentes externos.

Cabe aclarar que hay muchas maneras de implantar IC en una empresa y muchos aspectos relacionados con ello como podrían ser el comportamiento organizacional, cultural y tecnológico implicados, correspondiendo a cada empresa adaptar los aspectos que más se acoplen a su estructura y filosofía de operación.

La riqueza de un país se mide por el nivel de su sector productivo, directamente proporcional a su educación, por eso, el equipo debe trabajar concurrentemente para mejorar este sector en Venezuela y así incrementar la calidad de vida (ver anexo I). Para comprobar lo dicho, en el anexo J se muestra el día a día que revela la prensa nacional.

El costo de oportunidad está representado por la inversión de los recursos disponibles de la facultad en proyectos especiales de investigación en el CIDI.

Tipo de Mercado

Este proyecto contribuye a aumentar la preparación de los alumnos de Ingeniería Industrial de la Universidad por medio de la propuesta "A.1", enriquecer los conocimientos de profesionales con intereses en Desarrollo de Productos a través de los

cursos de Formación Continua o de la especialización (Propuesta A.2 y A.3, respectivamente). Al mismo tiempo la universidad sinérgicamente podrá brindar consultoría o el uso de la infraestructura del laboratorio, a la mediana y gran industria del país. Por dichas características el proyecto pertenece a un mercado de *bienes de capital*[3], ya que ofrece sus servicios al aparato productivo del país y eleva la plataforma cultural del mismo. También depende de los cambios tecnológicos y su servicio va directo al consumidor.

Clasificación del Proyecto[4]

Sector de Desarrollo	Mercado al que está orientado	Tecnología Utilizada
Sector privado	**Demanda insatisfecha**	**Proyecto de avanzada**
Objeto de Producción	Uso para el que se realiza	Naturaleza de la inversión
Producción de servicios	**Uso propio**	**Sector privado**

Tabla # 3

Naturaleza Económica del Mercado

En el área académica, es un monopolio hasta que otra universidad copie alguna de estas propuestas. *En el sector servicios*, es un oligopolio, ya que en Venezuela existen muy pocos institutos que brindan este tipo de servicio.

Necesidades de Información

A través de este estudio de mercado se pretende determinar para la vertiente académica, el grado de importancia que tiene el desarrollo de productos dentro del perfil del Ingeniero Industrial del siglo XXI. Para ello se debe conocer:

- La situación actual en cuanto a los conocimientos de los futuros Ingenieros Industriales en dicha área de estudio.
- El grado de satisfacción de los estudiantes de ingeniería con respecto al ambiente tecnológico en la universidad.
- El interés que sienten los alumnos hacia la adquisición de conocimientos a cerca del proceso de desarrollo de productos.

Para la vertiente Servicios, se pretende determinar la existencia de posibles clientes para el laboratorio, para ello se necesita la siguiente información:

- Conocer el mercado a nivel macroeconómico

[3] José Luis Pereira, "Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"

- Conocer las experiencias anteriores en este tipo de servicios
- Conocer las necesidades del mercado, en desarrollar de productos dentro del entorno venezolano (qué, quiénes, cuándo, cómo).

Investigación de Mercado

Identificación

El proyecto en estudio es la creación de una plataforma informativa y tecnológica que soporte la implantación de IC en las vertientes propuestas, motivado por la vivencia de una era de "lo más rápido, lo más barato y lo mejor", donde las compañías se están enfocando en mejorar el proceso de desarrollo de producto. Algunas de las oportunidades de mejora son obvias al personal dentro de la organización, otras no suelen ser tan manifiestas. Además, la dirección siempre mantiene en sus mentes las siguientes interrogantes. ¿Cómo compararse con el resto de la industria? ¿Con el mejor en la industria? ¿Cuáles son sus fortalezas y debilidades? ¿Qué necesitan mejorar? ¿Dónde empezar? ¿Cuáles serán las prioridades con estos recursos? ¿Qué beneficios se pueden esperar… Esto representa un nicho de mercado que se debe satisfacer en corto plazo (preparación de Ingenieros Industriales competitivos), y a largo plazo (el centro de desarrollo de productos en Venezuela).

Recopilación de la Información

Para la recopilación de todos los datos necesarios para alcanzar los objetivos de este proyecto, se clasificaron las fuentes de información en dos grandes fuentes:

A. Fuentes primarias: se utilizaron dichas fuentes para el caso en que no existían datos específicos o parciales sobre el mercado en estudio, como las expectativas de los futuros Ingeniería Industriales sobre el área relacionada al desarrollo de productos o la necesidad de la evolución de las técnicas de desarrollo de productos actuales en Venezuela hacia las técnicas de IC. Para ello se utilizaron las siguientes:

- Observación, se captó durante un período de 5 meses, los factores que determinan e inciden sobre la implantación de IC en las vertientes propuestas. A través del contacto con el día a día del ambiente universitario y las empresas cuyas noticias son públicas.
- Encuestas, para los alumnos de Ingeniería Industrial de la UCAB. A través de este medio se logró una entrevista estructurada dirigida a conocer la opinión de los alumnos (futuros clientes) sobre la incorporación de IC en el área académica. La cantidad de encuestados fue determinada por medio de estadísticas, cuya metodología se muestra en el anexo K, y el formato de la encuesta en el anexo L.

- Entrevistas, a los expertos, para establecer una comunicación directa, verbal y personal. Para ello se diseñó un cuestionario estándar mostrado en el anexo M y los expertos entrevistados en el anexo N.

B. Fuentes secundarias: en el país existen múltiples empresas que se dedican a la realización de análisis estadísticos y proyección de la situación en los diferentes sectores del país. Como investigación y desarrollo es una función prioritaria dentro de una empresa, se tuvo acceso, a pesar de la confiabilidad de esta función, a datos claves para la realización del estudio. Además de obtener información de fuentes estadísticas se encontró información relevante para el estudio, que de alguna forma ya existía. Toda esta información, proveniente de fuentes secundarias, se puede clasificar en:

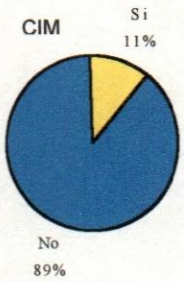
- Publicaciones: la fuente principal utilizada fue la revista Producto, de la cual se obtuvo la lista de nuevas patentes y marcas durante 1998 ver anexo O. Dicha información sirvió de ayuda para la estimación de un buen indicador de cuán concurrido es el área de desarrollo de productos en Venezuela. Adicionalmente en otras publicaciones, tales como, Business, Gerente, Dinero, Solutions, Happi, Prensa Nacional, etc. se extrajo información cualitativa del negocio.
- Estadísticas de sectores industriales: por medio de empresas como Venancham, Metroeconomía y Veneconomía, se estableció la situación macroeconómica actual y se elaboró el pronóstico de los indicadores que están relacionados con el área.
- Estadísticas de ingresados y egresados de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB (ver anexo P).
- Programas de estudios: con la recopilación de diversos pensum de estudio y contenidos de cursos y seminarios, de las principales universidades del mundo, se pudo comparar el perfil del Ingeniero Industrial de la UCAB, con respecto a los egresados de otras universidades, (ver anexo Q).

Análisis de resultados

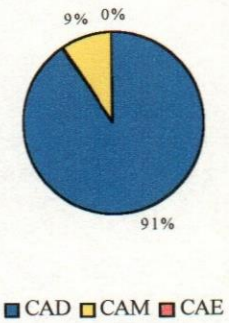
En esta fase se requiere de datos, valores y estimaciones que provienen de la investigación de mercado realizada por medio de encuestas y entrevistas.

Encuestas

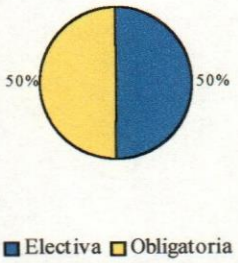
La muestra, como se mencionó en el anexo K, fue de 70 alumnos del ciclo profesional de Ingeniería Industrial. Se seleccionó al ciclo profesional, debido a que estos alumnos tienen una mejor visión de lo que es el Ingeniero Industrial y de sus necesidades para satisfacer el mercado. A continuación se muestran los resultados más relevantes:

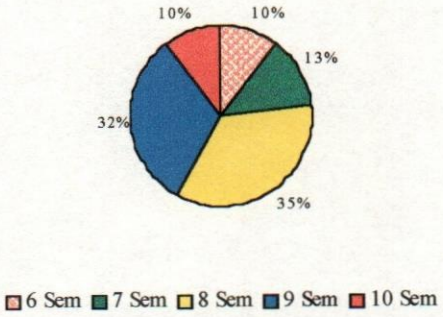


En cuanto a los conocimientos tecnológicos necesarios para desarrollar un producto, como lo son CAD/CAM/CAE y CIM, la mayoría de los estudiantes conocen CAD, gracias a la materia dictada en el quinto semestre, muy pocos conocen CAM y CIM, y ninguno tiene noción de CAE.



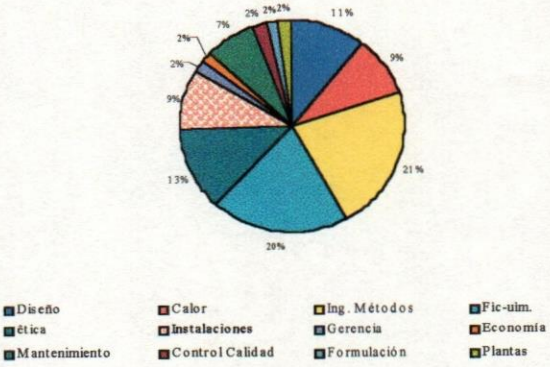
El 100% de la muestra le agradó la idea de aplicar estas tecnologías en su carrera, además de incrementar su plataforma informativa de desarrollo de producto, junto con los conocimientos de IC, de hecho, todos están de acuerdo con incluir una materia en el pensum, dándole la misma preferencia a una materia obligatoria como a una electiva.





La muestra arrojó que el nivel adecuado para dictar la materia debe ser a partir de 8vo. semestre, con un 24%. ya que se necesitan una serie de conocimientos previos para poder entender claramente todo lo relacionado a IC.

Cabe destacar, que la muestra no está conforme con el nivel tecnológico.



Con respecto a la inclusión de una asignatura obligatoria, si fuese necesario la eliminación de alguna otra del pensum ya existente, según las encuestas el 21% de los encuestados consideran que se puede sustituir la materia Ingeniería de Métodos, un 20% Físico-Química, un 13% Ética, el resto consideraron otras materias.

A través de esta encuesta, se logró cuantificar el grado de insatisfacción de los estudiantes de Ingeniería Industrial, en cuanto al nivel tecnológico que brinda la UCAB para el desarrollo de las actividades inherentes a la carrera. Además de confirmar el gran interés por adquirir conocimientos en el área de desarrollo de productos, acompañado con las tecnologías que permiten la manufactura de un producto automáticamente.

Entrevistas

Para determinar las posibles necesidades del sector industrial, y soportar las propuestas hechas en esta tesis, se realizaron entrevistas a los directores del Departamento de Investigación y Desarrollo (si existía el departamento, sino con alguien del Departamento de Mercadeo o Producción) en diversas industrias de los diferentes sectores que conforman el aparato productivo del país. El objetivo de realizar dichas entrevistas fue establecer a grosso modo algún indicador que refleje la situación actual del Desarrollo de Producto. Claro esta, que las variables que influyen en el Ciclo de Vida del Producto son totalmente dinámicas y variantes de una empresa a otra, de un sector a otro, de un producto a otro, y a lo largo del tiempo. A pesar, de lo pequeño de la muestra, los resultados obtenidos fueron consistentes, ya que se realizó un sondeo heterogéneo entre los diferentes tipos de industria dentro del sector manufacturero.

De las entrevistas se obtuvo el indicador clave para estimar el mercado potencial, dicho indicador fue la inversión que realizan las empresas en el Departamento de Desarrollo de Productos como porcentaje de las ventas. El número obtenido fue un promedio aritmético entre las cifras de las empresas que suministraron dicho valor; otras proporcionaron el número ideal de lanzamientos requeridos en un año, el tiempo o el porcentaje del presupuesto (aproximado), que dedican a estos lanzamientos los departamentos de Mercadeo y Producción; con estas cifras se enriqueció el promedio obtenido anteriormente.

En el anexo R se describen las entrevistas más relevantes, destacándose P&G, Unilever, Cigarrera Bigott, Productos EFE y Grupo Farma, ya que suministraron la información necesaria para obtener dicho indicador. Finalmente la cifra resultante fue 4% de las ventas.

Cabe destacar que fue difícil la obtención de la cifra ya que en muchas empresas no hay una estructura organizada de los gastos y costos que se generan al diseñar un nuevo producto, ya que son cargados a los Departamentos de Producción y Mercadeo.

A partir de este análisis, se confirma la importancia del Desarrollo de Productos como parte primordial de las empresas competitivas, y a la vez, la falta de organización en las empresas menos competitivas.

Mercado Potencial

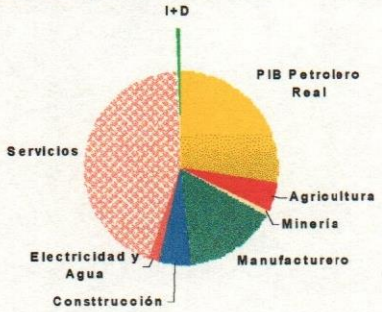
El indicador utilizado para cuantificar el mercado potencial fue el presupuesto del departamento de I+D en el aparato productivo del país. Como toda filosofía su aplicación es muy amplia y su potencialidad es intangible, abarca todos los sectores económicos desde el primario hasta el terciario, y debido al enfoque de la ingeniería industrial, en este proyecto solo se consideró el sector manufacturero del país. Por otro lado, el área de I+D es estrictamente confidencial, como consecuencia, la mayoría de las empresas son muy celosas con todo lo inherente al desarrollo de sus productos.

Por las razones antes mencionadas, la metodología usada para determinar el mercado potencial está basada en métodos heurísticos[1] combinados con el análisis ponderado de los resultados tangibles de las entrevistas. Es por ello, que en esta tesis se refleja el presupuesto de I+D como porcentaje de las ventas, el cual arrojó un promedio aproximado de 4%. Como todas las empresas manufactureras deberían dedicar parte de sus ingresos en I+D, el mercado potencial de desarrollo de productos es:

$$MP = 4\% * PIB_{Manufacturero} \text{ (MMBs.)}$$

$$MP = 0.04 * 8{,}295{,}198 \text{ MMBs.}$$

$$MP = 331{,}808 \text{ MMBs.}$$



Mercado Objetivo

Analizando el proyecto desde el punto de vista de las 4 P's del Marketing Mix (Producto, Precio, Publicidad y Plaza), se considera que el laboratorio logrará ventajas competitivas que permitirán penetrar el mercado con un 0.5% de participación en el primer año luego de su implantación, lo que representa 1.669 MMBs., dicha cifra se ve respaldada en los futuros clientes potenciales, los cuales se muestran en el anexo O, y con el esfuerzo que se desarrollará en la universidad se espera aumentar esta participación hasta un 0.7% en el quino año del proyecto.

Cabe aclara que la cifra mencionada abarca todo el costo del ciclo de desarrollo de un producto, donde el alcance del laboratorio será sólo la fase conceptual o virtual del diseño, por lo tanto esta cifra se verá reducida en un porcentaje dependiendo del producto y de los intereses de cada cliente.

[1] Yin, Robert. Case Study Research, Design and Methods, 1994

Plan de publicidad

La UCAB desde 1953, asumió el compromiso de contribuir a elevar la calidad de vida de Venezuela de acuerdo con los valores de libertad y equidad, haciendo investigación, formando profesionales y prestando servicios de consultoría, con el propósito de hacer más eficiente a las organizaciones.

Uno de los fines de esta tesis es reactivar la investigación y difundir la filosofía IC, ofreciendo un nuevo servicio llamado Centro Integral de Tecnología (CIT) junto con seminarios relacionados con el tema. Este hecho fortalece la labor de la UCAB, al asumir la responsabilidad de elevar y consolidar la productividad de las empresas, como una institución reconocida por el desarrollo y la difusión del conocimiento.

El mercadeo de este proyecto tiene como visión contribuir a la satisfacción de los clientes a través de la continua y oportuna identificación de los avances tecnológicos. Agregando valor a la organización de las empresas mediante la creatividad, innovación, profesionalismo y trabajo en equipo garantizados con la implantación de IC.

Todos los atributos de la UCAB mencionados anteriormente, además de los beneficios que ofrece IC, deben estar presentes en todos los medios publicitarios a utilizar, resaltando el programa de "Difusión de la Ingeniería Concurrente".

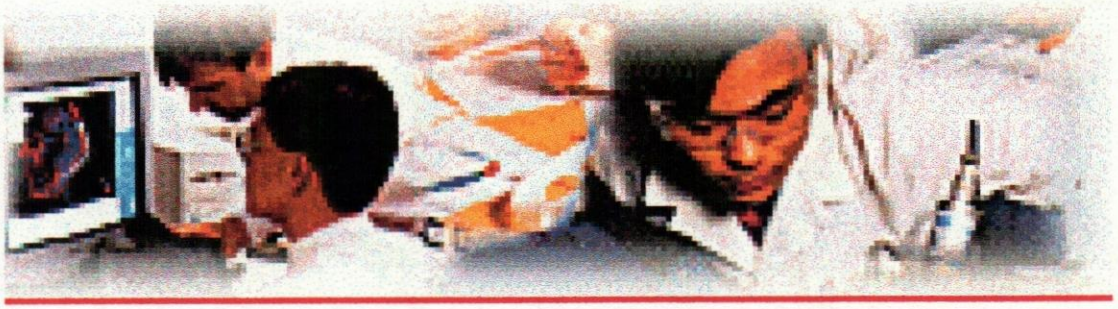
Para el lanzamiento del proyecto se propone el siguiente plan de actividades:

- Para llegar a todos los clientes, se publicarán anuncios en periódicos y revistas especializadas del país; invitando a todas las empresas a asistir a los seminarios de IC (anexo S), y comunicando los servicios que prestará el CIT (anexo T).
- Realizar presentaciones directas a los principales clientes potenciales para dar a conocer los servicios que ofrece el CIT. Cabe aclarar que se están vendiendo dos tipos de servicio, uno el de difundir la filosofía IC, y el otro, la consultoría en el CIT. En dicha presentación se debe mencionar qué es el CIT, qué servicios ofrece (bajo filosofía IC) y qué ventajas ofrece este servicio a la empresa.
- Asistir como ponentes y/o stand a todas las Ferias Tecnológicas que se den en Venezuela. En todos estos eventos se debe disponer del material POP necesario para hacer llegar el mensaje.

De igual forma, basado en los beneficios de esta casa de estudios, la especialización responderá a las demandas crecientes de profesionales capaces de formular e implantar planes estratégicos de desarrollo de productos acordes con las necesidades. La especialización es un programa de excelencia académica que reúne profesores y estudiantes con interés en impartir la eficacia a la investigación y desarrollo para minimizar los costos y el tiempo y maximizar la calidad del producto. Para comunicar las ventajas de esta especialización se recomiendan los siguientes planes:

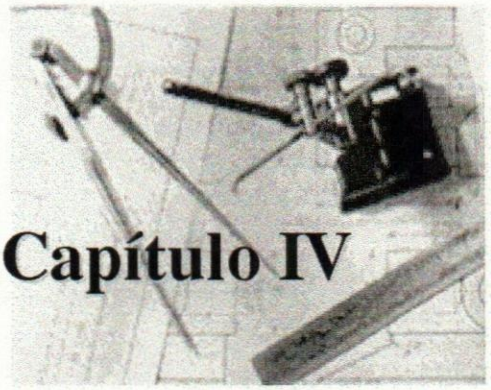
- Publicaciones en la Prensa Nacional y en revistas especializadas (ver anexo U).
- Se entregarán trípticos en la Dirección General de los Estudios de Postgrado de la UCAB, Conferencias, Congresos, y otros eventos en donde se den a conocer los objetivos, Contenido Programático, y otros aspectos de la especialización (ver anexo V).

CIT Centro Integrado de Tecnología



Programa de Difusión de la Ingeniería Concurrente

"Es natural que nos causen más asombro las cosas que nunca hemos visto, que las grandes cosas"



Capítulo IV

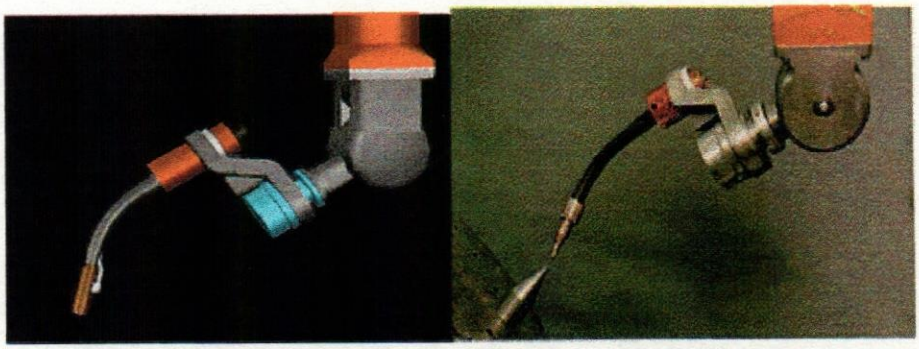
Evaluación Tecnológica

Capítulo IV: Evaluación Tecnológica

Recientemente, algunas de las nuevas generaciones de paquetes CAD/CAM/CAE/CAPP... tales como Parametric Technology's Pro/Engineer, SDRC's I-DEAS Master Series, Anvil-Express, entre otros, están añadiendo algunas formas de manejo de variables y funciones de diseño a sus sistemas, a diferencia del puro sistema de modelado explícito usado en el pasado. Por ejemplo, ahora, muchos de estos sistemas tienen la capacidad para limitar la forma del producto usando parámetros (dimensiones de las variables), ecuaciones o relaciones geométricas entre los elementos, tales como paralelismo, perpendicularidad o tangencia. Algunos tienen la capacidad para gravar un manual interactivo de pasos en un archivo por lotes, luego éste puede ser corrido cuando los valores son cambiados. La mayoría funcionan con altos niveles de programación para manipular la geometría, ellos poseen la habilidad de capturar la geometría del diseño tal como en los sistemas convencionales de CAD/CAM, además incluyen varios perfiles para manejar las variables y posicionan las relaciones entre cada una de sus partes. Comparado con unos años atrás, la tecnología interactiva del diseño es ahora fundamental, y los productos disponibles en el mercado tienen mucho que ofrecer. En este sector, con mas énfasis, el mercado es cada vez más competitivo. Productos populares de CAD/CAM tales como EDS/Unigraphics, Catia Solutions, y HP PE/SolidDesigner, están construyendo conexiones entre sistemas para el diseño y facilidades para su modificación, las cuales cambian la manera en que CAD/CAM se está aplicando en el diseño del producto. En las primeras fases, durante el modelado de las partes, valores explícitos fueron independientemente asignados. El diseño primitivo fue posicionado usando coordenadas especificas y orientaciones espaciales. Si la información del producto se cambiaba, los usuarios no tenían muchas opciones excepto la creación de un nuevo diseño desde el principio. Esto no sucede con las nuevas generaciones de sistemas CAD/CAM. Ahora se pueden conectar las partes en dos dimensiones (2D) con las mismas partes en tres dimensiones (3D). Los ingenieros pueden usar formas simples, desarrolladas con perfiles paramétricamente manejados en 2D, para originar automáticamente el sólido en 3D. Una apropiada compaginación entre las limitaciones y las relaciones puede ser definida como parte de la base de datos del producto. Las partes del sólido se modifican, alterando los parámetros en 2D. Esto elimina mucho tiempo y retrabajo en el CVP. El modelado de las variables es aún mas útil si el producto tiene partes o rasgos similares como es el caso de una familia de productos o componentes.

Además del diseño del producto, existen otras áreas donde las técnicas de manipulación de variables deben ser aplicadas:

- Ingeniería de Ensamble
- Estimación de costos
- Automatización del diseño
- Detalles del diseño
- Análisis de elemento finito
- Modelado genérico
- Planeación del proceso
- Librería de partes y/o materiales
- Análisis de las tendencias del mercado
- Control Numérico
- Simulación
- Diseño Preliminar
- Creación de la geometría de las partes/producto
- Computación y modelado
- Estructura de costo del proceso y del producto



La habilidad para trabajar bajo ambientes de red y obtener la información alrededor del mundo, ha liderizado el incremento de sistemas efectivos de configuración. Debido a las razones ya citadas, el control de la versión, equipos múltiples o el acceso de usuarios, no son considerados una dificultad. Con un modelado detallado de variables y una buena configuración, cualquier integrante de la organización puede tener acceso a la información de cualquier sistema o aplicación, simultáneamente. El resultado dependerá de la habilidad de los equipos de trabajo para tomar mejores decisiones en tiempo y valor. A continuación, en la tabla # 4, se resumen las características más relevantes de los principales software que mejor se adaptan al mercado venezolano (los detalles se encuentran en el anexo W). La finalidad de esta tabla fue esquematizar los factores más resaltantes que se deben analizar para tomar la decisión de compra de un software (dichos factores se definen en el anexo X). Tomando la información de esta tabla se construyó una matriz de puntos (Tabla # 5) para realizar una evaluación cuantitativa y determinar cuál de estos software es el más apropiado para la UCAB.

	Pro/ENGINEER	Helix	ANVIL	I-DEAS	Mechanical Desktop	Solid Edge
Precio $	667	367,8	995	1000	595	500
Mínima memoria RAM	64	32	64	64	32	64
Espacio en disco necesario	500	150	300	500	62	500
Espacio en disco Swap	200	120	176	185	64	100
Modelador Geométrico	propio	DesignBase	EDS Parasolid	propio	ACIS	ACIS
Metodología de modelado	paramétrico, flexible	Paramétrico, flexible	paramétrico, flexible	modelado híbrido, paramétrico, flexible	booleano, paramétrico, flexible	paramétrico, flexible
Modelado de superficies	S	S	S	S	S	N
Modelado de ensambles	S	S	S	S	S	S
Asociación bidireccional	S	S	S	S	S	S
Desensamble	S	S	S	S	N	S
Fotorealismo	S	S	S	S	S	PHONG (+o-)
Traductores estándares	Pro/INTERFACE para ISO 10303 o STEP	IGES, STL, DXF, DWG, STEP	IGES, DXF, VDAFS, *STEP, SAT, STL*	DXF, IGES, SET, VDA, STL	IGES, DWG, DXF	Solid Edge Exchange IGES,STEP, VDAFS
Otros traductores	Pro/cat (CATIA), Pro/CDT (CADAM), Pro/DRAW, etc.	Propio	ANVIL 1000MD	N	modulos opcionales	N
Soporte en Internet	VRML	VRML	VRML	N	Y, via Autodesk Integrated Publishing Kit and Whip	VRML CGM
GUI used	**NetScape(HTML)**	**Propio**	**propio**	**propio**	**Windows**	**Windows**
Soporte OLE	**S**	**Planeado**	**S**	**N**	**S**	**S**
Modulos integrados	S	S	S	S	posible	posible
Gerencia de información de archivos	Pro/PDM, Pro/REVIEW	Helix EDMS	S	N	WorkCenter	Workshare
Modulo de dibujo integrado	incluído	Incluído	incluído	incluído	incluído	incluído
Modulo de maquinado integrado	S	N	S	N	posible	posible
Compañía Productora	Parametric Technology Corp.	MicroCadam Inc.	MCS	SDRC	Autodesk, Inc.	Unigraphics, Inc.
Representante en Venezuela	AT Group	Sadhu Inversiones	N	N	Grupo Abstract	N
Dirección	Centro Profecional Santa Paula, Torre A, Oficina 82-A	Av. Rómulo Gallegos Centro Gcial. Los Andes, Piso 1, Of. 1-D	NA	NA	C.C. Concresa, piso 2, of. 432.	NA

Tabla # 4

Módulos adicionales

Matriz de Puntos

	Pro/ENGINEER	Helix	ANVIL	I-DEAS	Mechanical Desktop	Solid Edge
Precio $	4	4	1	1	3	3
Mínima memoria RAM	6	6	6	6	6	6
Espacio en disco necesario	1	5	3	1	6	1
Espacio en disco Swap	1	4	2	2	6	5
Modelador Geométrico	1	3	3	1	6	6
Metodología de modelado	2	2	2	3	3	2
Modelado de superficies	6	6	6	6	6	1
Modelado de ensambles	6	6	6	6	6	6
Asociación bidireccional	6	6	6	6	6	6
Desensamble	6	6	6	6	1	6
Fotorealismo	6	6	6	6	6	3
Traductores estándares	3	6	4	6	3	1
Otros traductores	6	6	6	1	6	1
Soporte en Internet	6	6	6	1	3	6
GUI used	6	3	3	3	6	6
Soporte OLE	6	3	6	1	6	6
Modulos integrados	6	6	6	6	3	3
Gerencia de informacion de archivos	6	6	6	1	6	6
Módulo de dibujo integrado	6	6	6	6	6	6
Modulo de maquinado integrado	6	1	6	1	3	3
Representante en Venezuela	6	6	1	1	6	1

Tabla # 5

La metodología empleada para este estudio, así como los criterios de evaluación y ponderación, se describen con detalle en el anexo Y, junto con la tabla de resultados de la evaluación de puntos (matriz de ponderación y resultados).

En los resultados se obtuvo como ganador el software Pro/Engineering con 4,98 puntos (sobre una base de 6) con un el 21% , como se puede observar en el gráfico # 1. Seguido a éste se posicionó Helix con 4,75 puntos - 20%, luego Mechanical Desktop con 4,58 puntos – 19%, y posteriormente los otros software.

Basándose en este análisis y en los resultados obtenidos en él, se puede concluir que el software que más se ajusta a los requerimientos y/o necesidades de la Escuela de Ingeniería de la UCAB, es Pro/ENGINEERIng, por lo que será recomendará en el próximo capítulo de esta Tesis, dentro de la propuesta para el sector servicios.

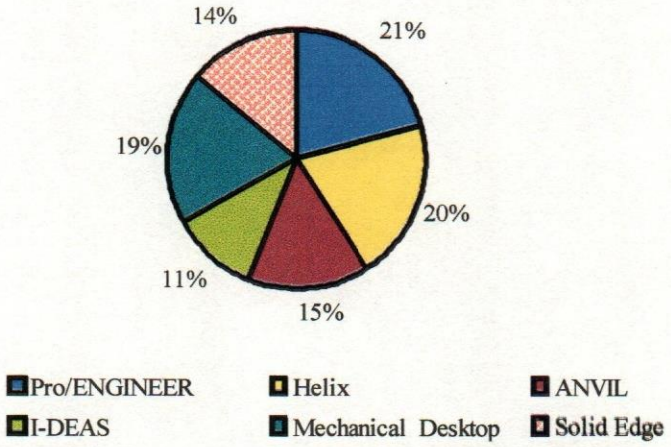
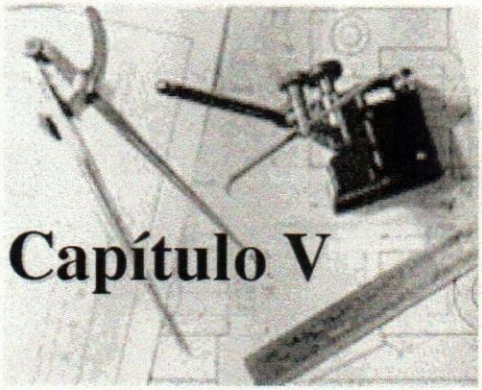


Gráfico # 1

La gran finalidad de la vida no es el conocimiento sino la acción



Capítulo V

Planes de Acción

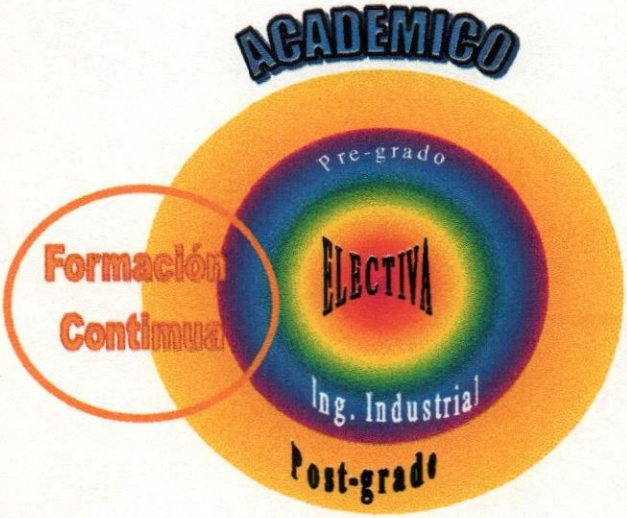
Capítulo V: Planes de Acción

En el mundo de hoy, la actividad industrial crece y se diversifica a un ritmo cada vez más acelerado. Las empresas presionadas por el imperativo de obtener la máxima ventaja de las oportunidades que presenta el mercado, deben concurrir con el producto adecuado, a un costo apropiado y en el momento preciso. Hoy, la competencia tiene lugar a escala mundial. Todos los países tienen acceso a las tecnologías más recientes, y novedosas técnicas de producción. Bajo estas condiciones, las empresas exitosas serán aquellas que desarrollen capacidad de respuesta inmediata, con productos de alta calidad ofrecidos al menor costo.

En este escenario sin precedente, el desarrollo de productos exige un enfoque también novedoso, que abarca todos los aspectos y etapas del ciclo de vida del producto e implica la integración de las actividades de mercadeo, desarrollo, operaciones, producción, etc. Las herramientas para esta integración existen, y están disponibles para las empresas con visión de futuro.

Debido a la tendencia mundial descrita anteriormente la Escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB ha tomado la iniciativa de arrancar con el proyecto de "Difusión de la Ingeniería Concurrente" por medio de esta Tesis, la cual propone los siguientes planes de acción:

Propuestas en el área académica



1. Materia en el ciclo profesional de Ingeniería Industrial
2. Especialización en Desarrollo de Producto
3. Seminario de IC

Materia en el ciclo profesional de Ingeniería Industrial

A Corto Plazo: Materia Electiva

Fecha de Implantación: Marzo 1999

Responsable del curso: Ing. Armando Gallo

Título de la materia: Ingeniería Concurrente

Unidades de crédito: 4 unidades

Horas semanales: 4 h

Horario: a convenir

Requisitos: Haber aprobado 8 ^{vo} Semestre

Semestre: 9 ^{vo}

Razones

1. Los resultados de las encuestas demostraron el interés de los alumnos de Ingeniería Industrial en dicha área.
2. Por falta de infraestructura tecnológica, la universidad no está en capacidad de dictar esta materia como obligatoria ya que para ello es indispensable el uso de herramientas de computación. Por esta misma razón se recomienda la posibilidad de dictar dicha materia vía Internet con el ITESM. Además a través de la electiva se permite desarrollar la curva de aprendizaje natural que todo proyecto lleva intrínseca.

A mediano plazo: Materia Obligatoria

Fecha de Implantación: Octubre 1999

Responsable del curso: Ing. Armando Gallo

Título de la materia: Ingeniería Concurrente

Unidades de crédito: 4 unidades

Horas semanales: 4 h

Horario: a convenir

Contenido programático: Anexo Z

Requisitos: haber aprobado cadena de materias CAD/CAM.

Semestre: 8 ^{vo}

Razones:

1. Debido al nuevo perfil del Ingeniero Industrial que necesita el mercado venezolano, el cual se refleja en el nuevo pensum de estudios, es necesario desarrollar en cada

individuo las habilidades, destrezas y capacidades para el desarrollo de un producto desde su diseño, hasta el proceso de manufactura, distribución y soporte.[1]

2. El actual Ingeniero Industrial de la UCAB, posee la debilidad de no tener ninguna formación en el área de desarrollo de producto, esto se traduce a una desventaja en el mercado laboral, donde la presión de la competitividad ha originado un crecimiento en dicha área como se mencionó en el Capítulo I.

Al igual que la electiva se dictará vía electrónica con el ITESM.

Se recomienda mantener un ritmo académico dinámico a través de visitas industriales, al Instituto de Ingeniería estableciendo un convenio para la realización del proyecto final en sus instalaciones. Además del análisis de casos reales y la aplicación de juegos como el del anexo AA.

Especialización en Desarrollo de Producto

Fecha de Implantación: Octubre 1999

Título de la especialización: Desarrollo de Producto

Unidades de crédito: 26 unidades

Horas semanales: 6 h –10 h

Horario: nocturno (6:30 – 10:30 pm)

Contenido programático: Anexo AA

Requisitos: Ser profesional de la República

Tiempo total de la especialización: 1 año - 3 años

Razones:

1. En los últimos años, el aparato productivo de Venezuela ha mostrado un crecimiento del 5% (ver entorno macroeconómico, anexo I), dicho crecimiento se manifiesta con la escasez de personal calificado que se forma en Investigación y Desarrollo de productos.
2. La UCAB sería el Benchmark en Desarrollo de Productos para Venezuela, siendo la primera Universidad, líder en innovación tecnológica.

Seminario de IC

Fecha de Implantación: Marzo 1999

Responsable del curso: Ing. Armando Gallo

Coordinación: Ing. Nelson Belardi

Horas semanales: 8 h –12 h

[1] Logrado por medio de una cadena de materias que van desde CAD, ..., Procesos de manufactura,..., hasta IC.

Horario: fines de semana (8:30 a.m. – 5:30 p.m.)

Contenido programático: Anexo AB

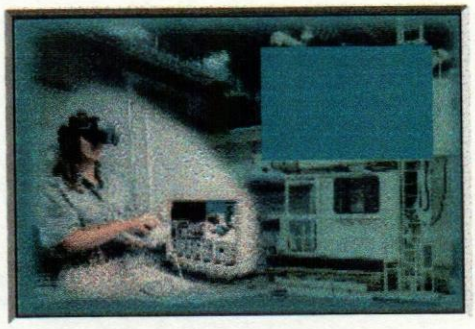
Requisitos: Ninguno

Razones:

1. Como movimiento estratégico para implantar IC en Venezuela y ganar futuros clientes para la consultoría en la UCAB (ver próxima propuesta) la mejor opción en una primera fase es dictar seminarios que den a conocer la filosofía IC y demuestren sus ventajas, a través de casos de estudio de la vida real. De esta manera, se vende tanto la universidad como la teoría IC.
2. Construye una sólida plataforma académica para incrementar el desarrollo de productos en Venezuela.

Propuestas en el Sector Servicios

Centro de Integrado de Tecnología - CIT



El trabajo descrito en esta tesis busca una solución de tecnología integrada y ha sido parte de un gran esfuerzo dentro de la UCAB para aplicar la investigación a los problemas reales en industria y estrechar la diferencia de tecnología que existe entre las dos comunidades.

Este esfuerzo está haciéndose a través de la Escuela de Ingeniería Industrial, el CIDI y el presente proyecto[2], con el Centro Integrado de Tecnología (CIT). El CIT se comprometerá a brindar un apoyo multidisciplinario, sus servicios técnicos y la investigación aplicada en sociedad con la industria, a través de los seminarios propuestos y los servicios de consultoría para apoyar el ciclo de vida de producto, con el diseño virtual del prototipo.

Esta tesis está enfocada a la aplicación de IC en cualquiera de sus propuestas, así que el CIT a parte de suministrar el apoyo técnico, debe fomentar la implantación de esta filosofía en la industria, a través de los seminarios y el servicio de consultoría. Este trabajo contiene una cantidad sustancial de investigación, la cual fue la base para elaborar todos las propuestas. Esto ha proporcionado un paso adelante y se espera que

[2] Este proyecto continuará con la tesis sobre Rapid Prototyping, la cual será realizada por los bachilleres Luis Pacheco y José Joaquín Pastor, estudiantes de Ingeniería Industrial en la UCAB.

estimule la investigación y el acercamiento con la industria, dentro de la Universidad. En el anexo AD se puede ver un ejemplo de los centros que han desarrollado otras universidades en Latinoamérica.

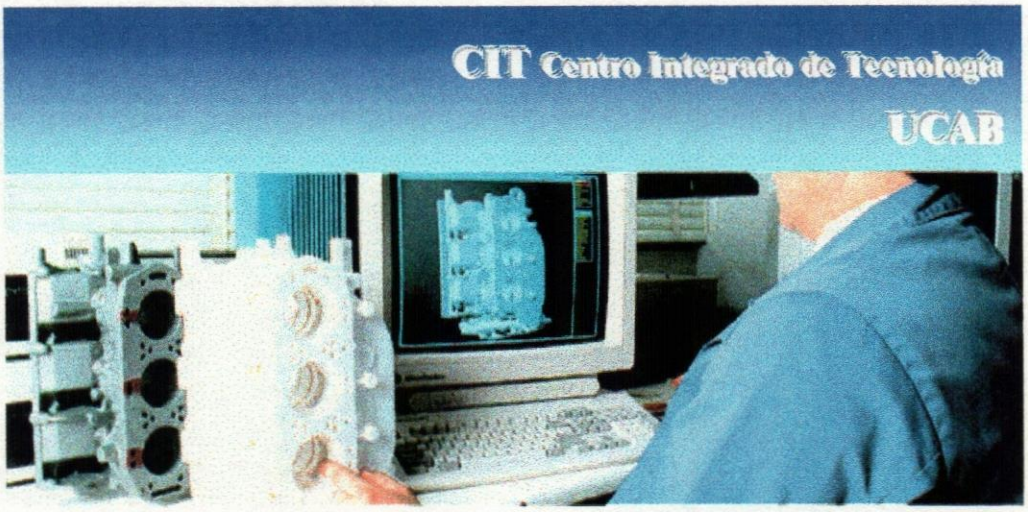
Estructura del CIT

El CIT está diseñado para una capacidad de 15 PCs, en las cuales se podrá trabajar en forma individual o en pareja. La ubicación propuesta es la sala de computación del Edificio de Laboratorios, donde se podrán dictar concurrentemente la asignatura y los seminarios.

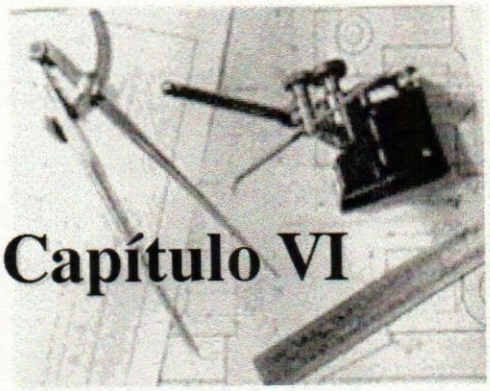
La tecnología recomendada se conformará en la primera etapa con el software Pro/ENGINEER, el cual estará disponible en todos los terminales con todos sus módulos incluidos. Los equipos (hardware) a instalar recomendados se especifican en el anexo AE.

Adicionalmente se espera la expansión de este centro con tecnología RP, y a largo plazo la instalación de un centro de mecanizado baja sistema CNC.

El CIT no sólo prestará servicios de consultoría a empresas, sino que alquilará sus instalaciones para que la pequeña y mediana industria puedan desarrollar por sí misma sus productos.



"Arriesgar para ganar"



Capítulo VI

Análisis de Costos

Capítulo VI:

Análisis de Costos

($)	1998	1999	2000	2001	2002
Matrícula Software	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Mantenimiento	1.030	1.030	1.030	1.030	1.030
Soporte Técnico Hardware	300	315	331	347	365
Servicios	10.182	10.182	10.182	10.182	10.182
Personal	21.818	32.727	37.636	47.045	58.807
Entrenamientos	2.000	2.000	2.300	2.875	3.594
Gastos Administrativos	3.091	3.245	3.408	3.578	3.757
Inversión Inicial en Hardware	34.335	-	-	-	-
Costos de Instalación	3.500	-	-	-	-
Costos Totales de Operación	86.256	59.500	64.887	75.058	87.734
C.T.O. en Bs.	***47.440.778***	***80.443.453***	***110.307.405***	***157.996.509***	***205.385.546***

Criterios

1. Estructura de costos basada en un laboratorio con una capacidad de 30 personas máximo (2 por máquina).
2. El costo de la energía eléctrica se calculó con base en las especificaciones técnicas individuales de cada equipo, considerándose las tárifas vigente de la comisión de luz.

	KWH/equipo	Total año	Bs/KWH
PC	200	160.000	35

3. Para el costo de mantenimiento se asumió un 3% de la inversión inicial del hardware
4. (porcentaje suministrado por el proveedor)
5. Los gastos administrativos están compuestos por diskettes, cartuchos de tinta, papel, café, lápiz, plumas, gastos de publicidad y promeciones, etc.
6. Cambio Bs/$

1998	1999	2000	2001	2002
550	1.352	1.700	2.105	2.341

La metodología usada para el análisis de costos se detalla en el anexo AF, partiendo de un estudio de evaluación de todas las fases de un proyecto.

Punto de Equilibrio

($)	CT	CF	CV
Matrícula Software	10.000	10.000	-
Mantenimiento	1.030	721	309
Soporte Técnico Hardware	300	-	300
Servicios	10.182	3.055	7.127
Personal	21.818	21.818	-
Entrenamientos	2.000	1.400	600
Gastos Administrativos	3.091	927	2.164
Costos Totales de Operación	*48.421*	*37.921*	*10.500*
		CV	**22%**

V=CF+CV+U

donde:

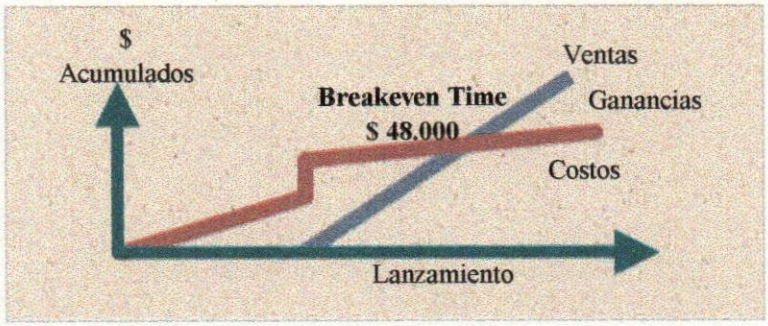
V: Ventas

CF: Costos Fijos

CV: Costos Variables

U: Utilidades

Como la Universidad es una sociedad sin fines de lucro el punto de equilibrio es equivalente a los costos totales



" Educar no es sólo dar carrera para vivir, sino templar el alma para la vida"

Conclusiones

Conclusiones

A primera vista, la migración desde el ambiente actual de desarrollo de productos, que consiste en islas de automatización, hasta sistemas simultáneamente integrados, puede parecer una tarea imposible. Pero cuando se aplican las técnicas básicas expuestas en esta Tesis para la planificación y ejecución del proyecto, el reto se vuelve más manejable, esencialmente cumpliendo con cuatro pasos: establecer objetivos, entender el negocio, establecer un plan de cambio e implantar el equipo concurrente de trabajo.

Claramente se observa que todas las perspectivas del mercado apuntan hacia una misma dirección, y a pesar de las múltiples fuentes de información utilizadas en este caso de estudio se llegó a la misma visión. Como se discutió, la industria manufacturera enfrenta hoy el reto de competir más efectivamente para mejorar la calidad del producto con costos más bajos, tiempos más reducidos, así como una mayor repuesta a los súbitos cambios en la demanda del mercado, justamente esto es logrado con la implantación de IC.

Muchos de los métodos tradicionales para fabricar y diseñar un producto también enfrentan retos, las compañías deben descubrir que, para lograr estas metas deben cambiar los métodos secuenciales por concurrentes.

El desarrollo de producto es un área fundamental dentro de las industrias competitivas, durante la etapa del diseño conceptual se incurre en el 80% de los costos de desarrollo, así que para la Universidad dicha área es un cliente potencial, tanto académicamente como en el sector de consultoría.

Con la ejecución de este proyecto, la Universidad pasaría a ser la casa de estudios más competitiva de Venezuela en lo que a Ingeniería Industrial se refiere, albergando sinergicamente al sector académico en todos sus niveles universitarios y al sector de servicios a la industria, estrechando la diferencia existente entre lo real y lo académico marcado por estas dos comunidades; siendo el CIT, el medio tecnológico de acercamiento entre éstas, enriqueciendo el nivel profesional de los estudiantes de Ingeniería Industrial, los cuales aplicarían en el CIT, todas las teorías impartidas en el aula de clases.

Este es el momento preciso para que la Universidad tome la iniciativa de difundir la filosofía de Ingeniería Concurrente e incentivar al sector manufacturero por medio del Centro Integrado de Tecnología -CIT, logrando una penetración estratégica de los Ingenieros Industriales y de la Universidad en el mercado del siglo XXI, a través de los planes de acción aquí propuestos.

Bibliografía

- ADAM J, E; EBERT, R. *"Administración de la Producción y las Operaciones"*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1998.

- BACA U., G. *"Evaluación de proyectos"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1996.

- CHASE A. *"Dirección y administración de la producción y de las operaciones"*. Addison-Wesley IberoAmericana S.A. 1992.

- CHISNAL, P. *"Investigación de mercados"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1976.

- *Design for manufacture DFM.* Guide for improving the manufacturability of industrial products. Finn FABRICIUS. Institute for Product Development (IPU). Denmark, Lyngby. October 1994. Eureka editions.

- DORNBUSCH; FICHER. "*Macroeconomía*". Editorial Mc Graw-Hill. 1995

- FINEY, H; MILLER, H. *"Curso de Contabilidad"*. U.T.E.H.A. 1990.

- HODSON, W. *"Maynard: Manual del Ingeniero Industrial"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1996.

- JURAN, J.M; GRYNA, F. *"Análisis y Planeación de la Calidad"*. Editorial Mc Graw Hill. 1995.

- PEREIRA, J. *"Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"*. Ediciones U.C.A.B. 1996.

- PRASAD, B. "Concurrent Engineering Fundamentals" Volume I. Editorial Prentice Hall. 1996.

- SABINO, C. *"Cómo hacer una Tesis"*. Editorial Panapo. 1993

- SAMUELSON,. *"Macroeconomía"*.

Bibliografía

- ADAM J, E; EBERT, R. *"Administración de la Producción y las Operaciones"*. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1998.

- BACA U., G. *"Evaluación de proyectos"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1996.

- CHASE A. *"Dirección y administración de la producción y de las operaciones"*. Addison-Wesley IberoAmericana S.A. 1992.

- CHISNAL, P. *"Investigación de mercados"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1976.

- *Design for manufacture DFM.* Guide for improving the manufacturability of industrial products. Finn FABRICIUS. Institute for Product Development (IPU). Denmark, Lyngby. October 1994. Eureka editions.

- DORNBUSCH; FICHER. "*Macroeconomía*". Editorial Mc Graw-Hill. 1995

- FINEY, H; MILLER, H. *"Curso de Contabilidad"*. U.T.E.H.A. 1990.

- HODSON, W. *"Maynard: Manual del Ingeniero Industrial"*. Editorial Mc Graw-Hill. 1996.

- JURAN, J.M; GRYNA, F. *"Análisis y Planeación de la Calidad"*. Editorial Mc Graw Hill. 1995.

- PEREIRA, J. *"Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión"*. Ediciones U.C.A.B. 1996.

- PRASAD, B. "Concurrent Engineering Fundamentals" Volume I. Editorial Prentice Hall. 1996.

- SABINO, C. *"Cómo hacer una Tesis"*. Editorial Panapo. 1993

- SAMUELSON,. *"Macroeconomía"*.

- SENGE, P. "La quinta Disciplina". Ediciones Juan Granica, S.A. 1992.
- TAGUCHI, G. *"Introduction to Quality Engineering"*. Asian Productivity Organization. Unipub, White Plains. 1986.
- VAINRUB, R. *"Nacimiento de una Empresa"*. Ediciones U.C.A.B. 1996.
- WALPOLE, R; FREUND, J. *"Estadística matemática con aplicaciones"*. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. 1990.
- WESTON, J; BRIGHAM, E. "Fundamentos de Administración Financiera". Editorial Mc Graw Hill. 1994.
- YIN, R. "Case Study Research, Design and Methods". SAGE Publications. 1994.

http://sgi.comhttp://desing.mit.edu/research/simultaneous/simultaneous.html

http://dream1.leads.ac.uk/~max/mmt/node9.ntml

http://www.soce.com

http://www.nissd.com

http://www.gemini.co.uk

http://www.gemsci.com

http://labpages.com

http://www.lblconsulting.com

http://www.autodesk.com

http://www.aecsystems.com

http://www.peton.com

http://me.mit.edu

http://www.acm.org

http://mijuno.larc.nasa.gov/ce.html

http://members.aol.com/derm.html

http://www.goldensegroupinc.com

http://www.tufts.edu

http://www.innovating.com

http://www.mor.itesm.mx

http://www.pdmic.com

http://www.problematics.com

http://www.trainingforum.com

http://www.hbmaynard.com

http://www.deneb.com

http://www.visualmfg.com

http://www.manufacturing.net

http://www.ictnet.es

http://www.ollie.com

http://www.2.meylan.com/meylan/

http://www.VisualT.com

http://www.eaiusa.com

http://www.esi-intl.com

http://www.planview.comESI

http://www.ems.com

http://www.teamflow.com

http://www.eai.com

http://www.c-four.com

http://www.mgt.gatech.edu

http://www.wolfenet.com/~cfs

http://mdc.bus.utk.edu

http://www.iienet.org/

http://www.wisc.edu

http://camnet.ge.com/ce/

http://win.irmkant.rm.cnr.it/rim/linkaga.htm

http://www.pica.army.mil/current/peprally/list.html

http://www.ge.cnr.it/sds/toc97/1268 1.htm

http://www.ge.cnr.it/sds/toc97/1268 2.htm

http://saussure.irmkant.rm.cnr.it/webpages/sites on

http://www.cad.strath.ac.uk/xiu/home.htm

http://www.usc.edu/dept/atrium/

http://speedracer.nmsu.edu/~jholder/anvil5k.html

http://www.concentra.com

http://www.dsweb.com

http://ramp.scra.org/spp-ph1/appendix.html

http://software-guide.com/cdprod1/swhrec/008/532.shtml

http://www.sdrec.com

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas