

INGENIERIA CONCURRENTES, UNA ESTRATEGIA DE OPERACIONES
ORIENTADA AL MEJORAMIENTO CONTINUO EN EL DISEÑO DE
PRODUCTOS

DIEGO FERNANDO CASTRO OSPINA

BYRON EMILIO RUIZ CASANOVA

Proyecto de grado presentado como requisito
Parcial para optar al título de Ingeniero de Producción

Director: Orlando Hung Gonzalez

I.M., MBA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA DE PRODUCCION
SANTIAGO DE CALI

1999.

Santiago de Cali, Diciembre 17 de 1999.

Ingeniero:
SIGIFREDO SATIZABAL
Decano División de Ingenierías.
Universidad Autónoma de Occidente
Ciudad.

Por medio de la presente me permito informar que como director del proyecto de grado titulado "INGENIERIA CONCURRENTES, UNA ESTRATEGIA DE OPERACIONES ORIENTADA AL MEJORAMIENTO CONTINUO EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS", he seguido de cerca el proceso investigativo de los alumnos DIEGO FERNANDO CASTRO OSPINA Y BYRON EMILIO RUIZ CASANOVA.

Considero que el trabajo cumple plenamente con los objetivos planteados en el anteproyecto.

Me permito recomendar, que este proyecto sea aceptado en cumplimiento de los requisitos para otorgar el título de Ingeniero de Producción a los autores

Atentamente,

Ingeniero
ORLANDO HUNG GONZALEZ.
DOCENTE
Universidad Autónoma de Occidente.

Santiago de Cali, Diciembre 17 de 1999.

Ingeniero:
SIGIFREDO SATIZABAL
Decano División de Ingenierías.
Universidad Autónoma de Occidente
Ciudad.

Por medio de la presente, nos complace presentar a usted el proyecto titulado "INGENIERIA CONCURRENTES, UNA ESTRATEGIA DE OPERACIONES ORIENTADA AL MEJORAMIENTO CONTINUO EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS", para optar al título de Ingeniero de Producción.

Esperamos que el proyecto reúna todos los requisitos académicos y cumpla el propósito para el cual fue creado

Atentamente,

DIEGO FERNANDO CASTRO.

BYRON EMILIO RUIZ CASANOVA.

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero de Producción.

Sigifredo Satizabal.
Decano de la División de Ingenierías.

Germán Concha Reina.
Director de Programa.
Ingeniería de Producción.

Ing. Orlando Hung Gonzalez.
Director Proyecto de Grado.
Ingeniería de Producción.

Ing. Faber Correa Ballesteros.
Jurado

Ing. Juan Carlos Otero
Jurado

Santiago de Cali, Diciembre 17 de 1999.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A La UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE

A GERMAN CONCHA REINA, Dip. Ing. Director del programa de Ingeniería de Producción de la Universidad Autónoma de Occidente.

A ORLANDO HUNG, I.M, Profesor en el área de Procesos Industriales de la Universidad Autónoma de Occidente y Director del proyecto.

A Todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA.

A Dios, pro iluminarme con su presencia cada día.

A mi Madre, Nancy, por su amor, enseñanza y dedicación.

A mi Hermana, Janeth y su esposo Ernesto por su soporte constante e incondicional.

A mi Hermano, Fernando, por su confianza, soporte y consejo.

Los amo, Dios los bendiga.

Diego Fernando Castro.

A mi padre, Héctor por su apoyo y entera dedicación.

A mi abuela, por su cariño.

A mis tíos Esperanza, Jesús y Gerardo

A mi hermano, Jaime y su esposa Claudia por su apoyo.

A mi sobrina Valentina.

Los quiero mucho.

Byron Emilio Ruiz.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
1. INGENIERIA CONCURRENTENTE	4
1.1 BREVE DESCRIPCION DE LA ESTRATEGIA Y CONSIDERACIONES GENERALES.	4
1.1.1 Definición	4
1.1.2 Principales orientaciones de la Ingeniería Concurrente	6
1.1.2.1 Ingeniería Concurrente en relación a la productividad	7
1.1.2.2 Ingeniería Concurrente en relación al entorno	8
1.2 NECESIDADES QUE CUBRE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE	9
1.3 LINEAS DE ACCIÓN EN LA INGENIERIA CONCURRENTENTE	9
1.3.1 Organización.	9

1.3.2 Comunicaciones	10
1.3.3 Especificaciones	11
1.3.4 Desarrollo del producto	11
1.3.4.1 Métodos convencionales.	12
1.3.4.2 Métodos intuitivos	12
1.3.4.3 Métodos deductivos	12
1.3.4.4 Desglose estructural de funciones	12
2. ENFOQUE SECUENCIAL vs ENFOQUE CONCURRENTE	15
2.1 DISEÑO SECUENCIAL DEL PRODUCTO	17
2.1.1 El proceso de realización del producto	18
2.1.1.1 Planeación del producto	21
2.1.1.2 Diseño	24

2.1.1.3	Planeación del proceso	26
2.1.1.4	Manufactura	27
2.1.2	Ciclo de desarrollo bajo el enfoque secuencial	28
2.1.2.1	El efecto anular	29
2.1.2.2	El efecto escalera	30
2.2	DISEÑO CONCURRENTE	32
2.2.1	El proceso de realización del producto según el modelo Concurrente	37
2.2.2	Ciclo de desarrollo del producto bajo el enfoque paralelo	40
2.3	DISEÑO SECUENCIAL vs DISEÑO CONCURRENTE	43
2.3.1	Necesidad de un producto concurrente y el proceso de Realización del producto	44

2.4 TRANSICIÓN DESDE EL ENFOQUE SECUENCIAL HASTA EL ENFOQUE CONCURRENTES	47
3. ESTRUCTURA DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA	50
3.1 GENERALIDADES	50
3.2 REQUERIMIENTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTES	51
3.3 ESTRUCTURA DE IMPLEMENTACION	58
3.3.1 Practicas para implementar IC en un ambiente de Desarrollo de productos	60
3.3.2 Plan conceptual de implementación	62
3.4 GUIA DE IMPLEMENTACION DE LA INGENIERIA CONCURRENTES EN UN AMBIENTE DE DESARROLLO DE PRODUCTOS	64

3.4.1 Necesidad de compromiso desde la alta gerencia hasta los operarios	65
3.4.2 Informar, entrenar, capacitar y comprometer a todo el personal desde el comienzo	65
3.4.3 Revisar los sistemas y métodos actuales de diseño de la compañía	65
3.4.4 Planear y establecer metas basados en los objetivos de la estrategia de IC	66
3.4.5 Implementar los equipos de desarrollo de productos PDT's con énfasis en DFX	66
3.4.6 Actualizar la infraestructura de soporte	67
3.4.7 Introducir el concepto de concurrencia	67
3.4.8 Monitorear y revisar el progreso	67

4. APLICABILIDAD DE LA ESTRATEGIA EN EL SECTOR DE DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS PLASTICAS	71
4.1 GENERALIDADES	71
4.2 DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA DE PLASTICOS EN COLOMBIA. UNA BREVE DESCRIPCION	72
4.2.1 Entorno Económico	72
4.2.2 Entorno Tecnológica	73
4.2.3 Entorno Organizacional	75
4.3 LA INGENIERIA CONCURRENTE EN EL SECTOR DE DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS PLASTICAS	77
4.3.1 Evolución de los sistemas de diseño asistidos por computadora	81
4.4 LA APLICACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTE	86

4.4.1 Acciones fundamentales que fundamentan la aplicación de la ingeniería concurrente	86
4.4.2 El concepto de integración de actividades dentro de un ambiente concurrente	89
5. CONCLUSIONES	92
BIBLIOGRAFIA	97
SIGLAS	99

LISTA DE TABLAS

Pag.

TABLA 1. Puntos de vista sobre el producto según mercadeo, Diseño y manufactura .	47
TABLA 2. Factores de éxito en la implementación de IC.	52

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. Ingeniería Concurrente en relación a la productividad	7
FIGURA 2. Ingeniería Concurrente en relación al entorno	8
FIGURA 3. A partir de especificaciones del producto se inicia la búsqueda de soluciones	12
FIGURA 4. El enfoque secuencial para el diseño del producto	17
FIGURA 5. El ciclo de vida de un producto según el modelo secuencial	20
FIGURA 6. Factores que influyen el desarrollo del nuevo producto	23
FIGURA 7. El efecto anular	29
FIGURA 8. Enlace sucesivo del efecto anular	30

FIGURA 9. El efecto escalera	31
FIGURA 10. Variación de las etapas de desarrollo del producto en función del tiempo	32
FIGURA 11. Contribución de varias áreas funcionales en el proceso de diseño de producto.	35
FIGURA 12. El costo y el precio varían con respecto al tiempo	36
FIGURA 13. Sobreposición de actividades según el enfoque concurrente.	37
FIGURA 14. Ventajas de sobreponer actividades	38
FIGURA 15. Sobreposición de actividades en planeación, diseño y manufactura	41
FIGURA 16. Diseño secuencial vs. Diseño concurrente.	44
FIGURA 17. Comportamiento de actividades con respecto al tiempo	46

FIGURA 18. Practicas para implementar IC en un ambiente de desarrollo de productos	60
FIGURA 19. Plan conceptual de implementación.	62
FIGURA 20. Compromiso entre las prácticas y el plan conceptual para formar la guía de directrices de implementación de ingeniería concurrente en un ambiente de desarrollo de productos	64
FIGURA 21. Ganancias esperados de una nueva implementación de IC	68
FIGURA 22. Ganancias actuales de implementaciones rápidas	69
FIGURA 23. Ganancias alcanzables de implementación de IC tipo-sistema	70
FIGURA 24. Ciclo productivo en la manufactura de piezas plásticas	80
FIGURA 25. Base de datos compartida en el diseño y la manufactura	

de piezas de plástico	82
FIGURA 26. Guía de implementación del a estrategia en el sector	91

RESUMEN

El aumento de la competencia en conjunto con el creciente número de productos nuevos que son lanzados al mercado, han conducido a las compañías a incrementar sus esfuerzos para mejorar continuamente sus procedimientos de desarrollo y así elevar la calidad de los nuevos productos.

Este proyecto contempla la descripción de la Ingeniería Concurrente y algunas de sus consideraciones generales como sus principales orientaciones, sus relaciones con la productividad y con el entorno, las necesidades que abarca, sus líneas de acción, a lo largo del primer capítulo.

Para el segundo capítulo se realiza una descripción detallada de la manera tradicional en que se lleva a cabo el diseño y el desarrollo de un producto teniendo en cuenta sus especificaciones y demás componentes dentro de su

ciclo de vida. Seguidamente de la descripción del enfoque concurrente de diseño de productos el cual presenta la forma de trabajo simultanea que permite el ahorro en el tiempo de diseño y desarrollo de un producto, observar la contribución de las principales áreas funcionales de manera que las operaciones organizadas bajo el concepto de integración conlleven al mejoramiento continuo en los sectores de la Compañía, es otro de los apartes de este capítulo.

Los procesos de realización del producto tanto de manera secuencial como concurrente son presentados al igual que sus metodologías de trabajo. El capítulo finaliza con una comparación entre la forma tradicional de diseñar y desarrollar productos y la estrategia que la Ingeniería concurrente propone y los cambios que se presentan al pasar de la manera secuencial a la concurrente.

La implementación propuesta de la Ingeniería Concurrente como estrategia es brevemente descrita en el capítulo tres, contemplando aspectos como sus requerimientos, su estructura, las prácticas, planes y una guía propuesta de implementación debido a la flexibilidad de la estrategia. Los diferentes beneficios que brinda la implementación de la estrategia en función del tiempo son discutido brevemente.

La aplicabilidad de la Ingeniería Concurrente en el sector del plástico teniendo en cuenta que la estrategia derriba las barreras entre diseño y manufactura es presentada por medio de un ejemplo en el capítulo cuatro. Este último se desarrolla en base a información sobre el estado actual de estos componentes (Diseño y Manufactura) dentro de la industria colombiana del plástico contemplando sus aspectos económico, tecnológico y organizacional.

La aplicación de la estrategia y las operaciones basadas en tecnologías avanzadas que abarcan el conocimiento involucrado en el ciclo productivo de las piezas plásticas se discuten. La integración de actividades, lo cual es la esencia de la estrategia, presenta la manera de cómo debe ser el flujo de información para trabajar en equipo y de manera simultánea.

En el capítulo cinco se concluye sobre el proyecto, teniendo en cuenta los factores más relevantes que son considerados a lo largo del proyecto.

INTRODUCCION

En el ámbito internacional la globalización de mercados, el acelerado avance tecnológico y los nuevos esquemas de organización de la producción configuran una economía cada vez mas competitiva, que requiere renovaciones fundamentales en las organizaciones tendientes a innovación tecnológica de productos y procesos y de la revaloración del talento humano vinculado a la productividad y la competitividad empresarial.

En las últimas dos décadas, se ha observado un notable descenso en la productividad industrial en América latina, muy al contrario de países como Japón y Estados Unidos, quienes han logrado un amplio dominio en el ramo, gracias a la aplicación de nuevas estrategias, entre ellas, la Ingeniería Concurrente en el desarrollo de nuevos productos, ante lo cual nuestro país no puede quedarse atrás.

Los productos se vuelven sofisticados con el paso del tiempo, así también han de hacerlo el diseño y la manufactura, pero actualmente estas dos no están integradas, así que, se hace necesario diseñar e implementar

estrategias que relacionen íntimamente estos dos componentes del ciclo de vida del producto.

La metodología utilizada para el desarrollo de productos debe cambiar de manera flexible a medida que la tecnología avanza para convertirse en una herramienta fuerte y fidedigna con el fin de poder competir dentro del mercado global. Por ello debe conducir a una reducción en el costo y tiempo de desarrollo sin sacrificar la calidad y especificaciones del producto. La Ingeniería Concurrente proporciona todas las capacidades anteriormente nombradas y es la solución a la problemática que aqueja a la industria latinoamericana.

El objetivo de este proyecto es dar a conocer la estrategia de la Ingeniería Concurrente como una alternativa de trabajo que genera valor agregado al producto y que pretende ante todo la reducción de tiempos de puesta en marcha en el mercado de los nuevos productos, integrando todas las actividades a desarrollar dentro de la cadena productiva. Además se planea sentar un precedente académico, con miras a que en un futuro cercano, quienes quieran profundizar o investigar en el tema, tengan una base confiable.

A manera de ejemplo de la implementación de esta estrategia, se incluye una alternativa para el sector económico de los productos plásticos como resultado de este proyecto, el cual servirá como referencia para plantear soluciones al sector en manera de diseño de productos.

1 INGENIERÍA CONCURRENTE

1.1 BREVE DESCRIPCION DE LA ESTRATEGIA Y CONSIDERACIONES GENERALES

1.1.1 Definición. La definición más universalmente aceptada es la del reporte R-338 del IDA (Institute for Defense Analysis), publicado en el verano de 1986.

Define la ingeniería concurrente, como un esfuerzo sistemático para un diseño integrado, concurrente del producto y de su correspondiente proceso de manufactura y de servicio. Pretende que los diseñadores, desde un principio, tengan en cuenta todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde el diseño conceptual, hasta su disponibilidad incluyendo calidad, costo y necesidades de los usuarios.

Así pues, la Ingeniería Concurrente es una estrategia de operaciones que persigue un estudio sistemático, simultáneo, en el momento del proceso de diseño del producto, de las necesidades de mercado que va a cubrir, de los requisitos de calidad y costo en alcanzar, de los procesos de manufactura,

venta y servicio necesarios para garantizar la satisfacción del cliente en todo el ciclo de vida del producto.

Precisa del trabajo coordinado y simultáneo de los diversos departamentos de la compañía: Mercadeo, Ingeniería del Producto, Ingeniería del Proceso, Producción, Calidad, Ventas, Mantenimiento, Costos, etc.

Sustituye el clásico entorno de trabajo en el desarrollo y fabricación del producto basado en un diagrama secuencial de actuación de los distintos departamentos, por un trabajo concurrente, simultáneo, en equipo, de todos a partir del mismo momento en que se inicia el proceso.

Esta metodología de trabajo recibe otros nombres tales como: Ingeniería simultánea, equipos de diseño, desarrollo integrado de productos, ingeniería total, ingeniería del ciclo de vida del producto, diseño concurrente de procesos y productos, diseño para manufactura, diseño para producción, diseño para ensamble, desarrollo total de productos, compromiso total, ingeniería sincrónica, diseño integral y cooperativo, sistemas de ingeniería y otros.

De todos ellos el más apropiado es el de Ingeniería Concurrente ya que este concepto pone más de manifiesto un esfuerzo común, una cooperación entre todos los agentes que intervienen.

1.1.2 Principales orientaciones de la Ingeniería Concurrente. La Ingeniería Concurrente es una estrategia con un nuevo enfoque, en pleno proceso de desarrollo, que incorpora una gran variedad de nuevas concepciones y metodologías de gestión de proyectos. Entre ellos el DFX (Design For "X") el cual comprende:

Diseño para la función (DFF), Diseño para la manufactura (DFM), Diseño para el ensamble (DFA), Diseño para la calidad (DFQ), Diseño para el mantenimiento (DFMT).

Estas metodologías, y otras no citadas, pueden englobarse en dos orientaciones principales:

Ingeniería Concurrente en relación a la Productividad (Fabricación, costo, calidad, comercialización), e Ingeniería en relación al entorno (Ergonómica, Seguridad, Medio Ambiente, reciclaje).

1.1.2.1 Ingeniería Concurrente en relación a la productividad. La Ingeniería Concurrente en relación a la productividad postula dos grandes principios (Figura 1):



Figura 1. Ingeniería concurrente en relación a la productividad.

1.1.2.1.1 El diseño de un producto precisa tener en cuenta el mercado al que se dirige.

1.1.2.1.2 El diseño de un producto debe tener en cuenta los procesos de fabricación.

Así, en el equipo de diseño debe participar:

El Departamento de Mercadeo y los usuarios para asegurar que el producto responda a las necesidades de los clientes.

El Departamento de Producción, proveedores incluidos, para asegurar la manufactura del producto.

El Departamento de Calidad para asegurar que producto y proceso están dentro de los valores de calidad necesarios.

1.1.2.2 Ingeniería Concurrente en relación al entorno. La Ingeniería Concurrente en relación al entorno busca mejorar el valor y la aceptación del producto (Figura 2), teniendo en cuenta:



Figura 2. Ingeniería concurrente en relación al entorno.

1.1.2.2.1 Ergonomía. Para facilitar la relación hombre - máquina

1.1.2.2.2 Diseño industrial. Para hacer atractivo el producto a los usuarios.

1.1.2.2.3 Seguridad. Para evitar riesgos y daños personales.

1.1.2.2.4 Medio ambiente. Para economizar consumo de material y energía y evitar la emisión de contaminantes.

1.1.2.2.5 Reciclaje. Para facilitar la reutilización o eliminación de los residuos.

1.2 NECESIDADES QUE CUBRE LA INGENIERÍA CONCURRENTE.

La globalización de los mercados implica una competencia cada vez más feroz. Sólo las empresas capaces de ofrecer los productos de mejor calidad en precio adecuado y en un tiempo más corto pueden sobrevivir.

El reducir el tiempo de respuesta (time to market), la adecuación del producto a las necesidades o preferencias de los usuarios, un mantenimiento eficaz y a poco costo y un estándar de calidad y costo adecuado son los objetivos que pretende cubrir la Ingeniería Concurrente.

1.3 LÍNEAS DE ACCIÓN EN LA INGENIERÍA CONCURRENTE.

La Ingeniería Concurrente genera un nuevo entorno de trabajo. Utiliza una gran variedad de tecnología y metodología que pueden agruparse en cuatro líneas de actuación: Organización, comunicaciones, especificaciones y desarrollo de producto.

1.3.1 Organización. Busca la creación de equipos de trabajo multifuncionales e interdisciplinarios para el desarrollo de un proyecto.

En general el cambio de una organización funcional jerárquica a una estructura por equipos de trabajo requiere la utilización de técnicas y

métodos de motivación, de trabajo en equipo, de consenso en la toma de decisiones, de delegación y asunción de responsabilidades, de dirección, planificación y seguimiento de proyectos, de dirección de reuniones y lo que es más difícil de conseguir, un lenguaje común que elimine el lenguaje técnico de las diferentes especialidades.

1.3.2 Comunicaciones. El éxito de la Ingeniería Concurrente se basa en la disponibilidad de una misma información para los distintos componentes del equipo.

Es fundamental disponer de una base de datos del producto, geométrica, alfanumérica, de fácil acceso. Los sistemas de CAD-CAE-CAM pueden ser una buena plataforma.

El software de planificación de proyectos pueden proporcionar un buen sistema de monitorización y seguimiento, pero precisa también que los caminos por los que circula la información sean también cortos para que las decisiones puedan tomarse lo más rápidamente posible. Significa el cambio de estructuras jerárquicas de muchos niveles a otras estructuras más planas con líneas horizontales de comunicación y decisión.

1.3.3 Especificaciones. La Ingeniería Concurrente ha ampliado el concepto de especificación. De una relación de parámetros técnicos de diseño ha pasado a ser un conjunto de atributos que debe tener el producto para satisfacer las necesidades o preferencias de los clientes.

Se han desarrollado metodologías para conocer los deseos de los consumidores (voz del cliente) y para transformar estos deseos, expresados en su lenguaje en un conjunto de especificaciones técnicas destinadas a satisfacerles.

El QFD (Quality Function Deployment), es una metodología que en forma matricial nos permite recoger el QUÉ piden los clientes, el CÓMO vamos a responder a estas demandas y en CUÁNTO los vamos a satisfacer.

Esta metodología aplicada en cascada a los distintos cometidos y lenguajes de las distintas áreas de la empresa, nos permite conocer como interacciona entre sí y determinar posibles carencias o duplicidades en nuestro producto como en su valoración por los clientes.

1.3.4 Desarrollo del producto. En el desarrollo del producto la Ingeniería Concurrente utiliza un gran número de metodologías para conseguir sus objetivos de productividad, calidad, costo y funcionalidad (Figura 3).

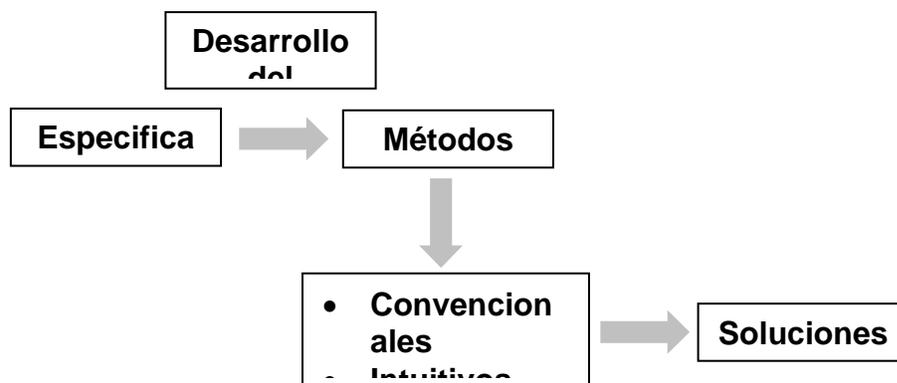


Figura 3. A partir de la especificación del producto se inicia la búsqueda de soluciones

Se utilizan:

1.3.4.1 Métodos convencionales: Bibliografía, patentes, competencia, productos análogos, etc.

1.3.4.2 Métodos intuitivos: Brainstorming (lluvia de ideas) y DELPHI (predicción a largo plazo con base en información compartida).

1.3.4.3 Métodos deductivos: Estudios sistemáticos de procesos físicos.

1.3.4.4 Desglose estructural de funciones.

Para la valoración de las distintas variantes y selección de los más apropiados, existen diferentes métodos. Estimación cualitativa o cuantitativa

de diferentes parámetros: funciones, costos de la innovación, riesgos, etc. Pero quizás la metodología más interesante es la del ANÁLISIS DEL VALOR.

En el diseño de materialización del proyecto se utilizarán distintas técnicas de análisis y simulación que incluiremos en general dentro de los software de CAD-CAE.

Para conseguir su Manufactura a un mínimo costo se utilizarán técnicas de Diseño para Manufactura y Ensamble (DFMA).

Para estandarizar, tanto componentes como procesos de Manufactura se utilizará la Tecnología de Grupos (GT).

Para asegurar la calidad, además de la simulación funcional técnica, se construyen prototipos y bancos de ensayo en laboratorio y se usan técnicas de pruebas aceleradas. Se utilizarán también:

El Diseño de Experimentos basado en los trabajos de G. Taguchi para obtener diseños más robustos. La filosofía de Taguchi del diseño robusto puede ser resumida de la siguiente manera:

La calidad de diseño dentro de un producto. No se usa inspección para eliminar productos de baja calidad.

Establecer un objetivo. El costo de la calidad es la desviación del costo objetivo.

Realizar el producto insensible a factores externos no controlables.

El FMEA (Failure mode and effect Analysis) el cual es una metodología para el análisis sistemático de fallos potenciales de un sistema.

Para aumentar la productividad en los talleres, la Ingeniería Concurrente utiliza técnicas de simulación de procesos, de programación de máquinas automáticas de fabricación flexible, de robotización, de automatización de la manutención y transporte, de reducción de tiempos muertos y de preparación (técnicas SMED), sin olvidar las técnicas de gestión de la producción, (planificación, monitorización, control), y ahorro de recursos materiales, energía, mano de obra, espacio, etc. Las cuales son herramientas que permiten a las empresas competir de manera sólida dentro de un mercado global, gracias a su alto grado de flexibilidad.

2 ENFOQUE SECUENCIAL vs. ENFOQUE CONCURRENTE

Hasta hace poco tiempo, el diseño de productos se limitaba, en general, a las etapas introductoria y de crecimiento durante el tiempo de ciclo de vida del producto. Una vez que un producto maduraba y lograba un diseño predominante, las compañías estandarizaban el diseño del producto y empezaban a buscar el desarrollo de economías de escala. Los equipos especializados de producción se colocaban donde hubiera algún sitio disponible, y desde entonces no volvían a introducir cambios fundamentales en el diseño del producto, si es que se le hacían algunos. Cuanto mas costosos eran los efectos de un nuevo diseño, era menos probable que se llevara a cabo.

La tendencia hacia la implementación de tecnologías flexibles y avanzadas también ha influido en la naturaleza del diseño del producto. En la práctica, para obtener el mejoramiento de la productividad previsto en estos sistemas, es necesario que los diseñadores de productos se concienticen de sus capacidades y limitaciones. El diseño de producto debe ajustarse perfectamente a su proceso de manufactura.

Estos nuevos retos exigen un cambio radical en la manera de diseñar los productos y en el papel que cumple la manufactura en el proceso de desarrollo.

La Ingeniería Concurrente, es una estrategia con un nuevo enfoque para el diseño del producto, posibilita que las compañías superen este reto. Esta estrategia representa un viraje radical en la secuencia de los procesos de diseño tradicionales, en los cuales las operaciones son casi siempre el extremo de recepción de nuevos diseños.

En la actualidad las compañías de manufactura deben estar en la búsqueda constante de conceptos para nuevos productos que satisfagan las necesidades del mercado y aprovechen el potencial completo. Las ideas de elaborar productos nuevos o modificados pueden provenir de diversas fuentes, entre ellas el departamento de Investigación y Desarrollo, la retroalimentación de los clientes, operadores de planta, reclamos por garantía y aun por la competencia, las entidades educativas, la literatura técnica existente y los proveedores.

Una vez teniendo clara la necesidad del producto y una idea llana sobre su concepto, se inicia el proceso de diseño. Tanto el diseño secuencial del producto como el diseño concurrente del producto parten del concepto.

2.1 DISEÑO SECUENCIAL DEL PRODUCTO

Aquí las operaciones o etapas del proceso son casi siempre el extremo de recepción de nuevos diseños, es decir, que una etapa siguiente recibe el concepto del producto realizado en una etapa anterior.

A continuación se explica en que consiste el modelo (figura 4)

Surge la idea, entonces con frecuencia el concepto de un nuevo producto nace en el departamento de mercadeo o el departamento de Investigación y Desarrollo (I&D).

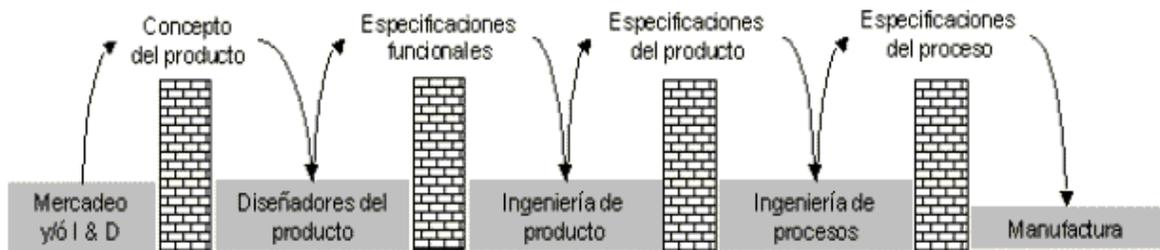


Figura 4. El enfoque secuencial para el diseño del producto. (Barreras)

Los diseñadores de productos, convierten dicho concepto en un conjunto de especificaciones funcionales.

Las especificaciones funcionales indican como debe funcionar el producto, que características debe tener, cuales deben ser los costos y otros detalles; las especificaciones funcionales reflejan los requerimientos internos, legales y de mercado del producto. Las especificaciones de un producto pueden establecer pautas al usuario para que éste explote su producto al máximo según lo que se pueda hacer con el.

Las especificaciones funcionales se convierten en especificaciones de producto que explican en detalle como funcionara el producto. Este conjunto de especificaciones incluye un bosquejo detallado del producto así como una descripción de las partes y materiales empleados.

Después, los ingenieros de manufactura (o proceso) desarrollan las especificaciones del proceso, las cuales indican como debe fabricarse el producto.

2.1.1 El proceso de realización del producto. Una necesidad por el producto, sea real o imaginaria, debe existir. Esto debe venir de fuentes externas o internas. Fuentes externas para un nuevo producto pueden ser debidas a:

Una orden directa de un usuario. Documento o grupo de documentos que autorizan la fabricación de un determinado artículo.

Productos existentes que se vuelven obsoletos. Es necesario descubrir con rapidez y efectividad cuales son las características del producto que se imponen con el fin de mantener el artículo vigente y cumplir con las necesidades del cliente.

Disponibilidad de nuevas tecnologías. La investigación aplicada se centra en resolver problemas generales y producir inventos que tengan alta probabilidad de aplicación de nuevas tecnologías.

Cambios en las demandas del mercado. La administración de la demanda implica reconocer fuentes de demanda para los artículos, predecir la demanda y determinar la manera como la empresa satisfará la demanda puede desembocar en la creación de nuevos artículos.

Internamente a la compañía, la idea de un nuevo producto puede venir de:

Nuevos descubrimientos y desarrollos dentro de la compañía. El departamento de Investigación y Desarrollo de la empresa puede aportar muchas ideas.

Necesidad de un producto identificada por el departamento de mercadeo. El departamento de mercadeo con base en la realimentación que proporcionan los clientes o el mercado potencial, puede desencadenar nuevas ideas.

Una vez la necesidad se ha establecido, el producto ha de ser diseñado y manufacturado.

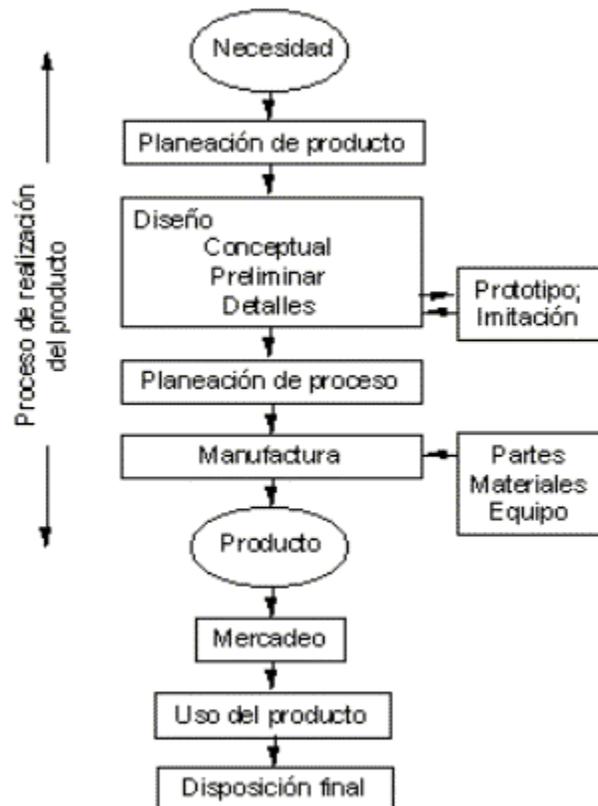


Figura 5. El ciclo de vida de un producto según el modelo secuencial

Se hace referencia a estos pasos (desde la concepción hasta cuando el artículo existe físicamente) como el proceso de realización del producto (PRP). Este proceso incluye los cuatro primeros pasos que a continuación se muestran en la figura 5; Planeación del producto, Diseño, Planeación del proceso y manufactura.

En este proceso, cada paso debe estar completo antes de que el proceso siguiente empiece. Este procedimiento se presta para demoras, errores, baja calidad y altos costos.

Un procedimiento de diseño de productos preferible es aquel en el cual las actividades en etapas sucesivas son concurrentes (paralelas) y parcialmente superpuestas (sobreposición).

2.1.1.1 Planeación de producto. Planeación de producto es la búsqueda, selección y desarrollo de ideas para nuevos productos. Una aproximación sistemática a la planeación de productos conducirá a un mejor conocimiento de restricciones de tiempos y costos.

Las actividades de la planeación de producto incluyen:

Establecer metas del producto. La empresa estima cuando, donde y cuanta demanda habrá de un artículo, así como que porcentaje de esta demanda puede satisfacer.

Concluir análisis de mercado. Identificar los requerimientos del cliente para transformarlos en requerimientos de producto.

Detallar los beneficios que el producto proveerá al usuario. Estudiar las características de las partes del producto que permitirán que esté satisfaga los requerimientos de diseño y en últimas del usuario.

Decidir sobre las características que tendrá el producto. Dependiendo de los conceptos del producto que se imponen.

Establecer el desempeño del producto. como debe desempeñarse el producto en cuanto a su función.

Conducir un análisis económico y colocar una meta en cuanto al costo.

Establecer un volumen de ventas esperado. Implica reconocer fuentes de demanda para los producto, predecir la demanda y dependiendo de esta, predecir las cantidades del producto que se va a vender.

Instalar guías para completar tareas, tales como diseño, prototipo y construcción, e instalar la línea de manufactura.

Las dos entidades más importantes involucradas en la toma de una decisión para desarrollar un producto son la compañía y el mercado. Hay también factores secundarios como las leyes gubernamentales, políticas económicas y el estado de la tecnología. Esta estrategia se muestra en la figura 6 específicamente.

La compañía necesita entidades importantes para definir sus objetivos y examinar sus capacidades.



Figura 6. Factores que influyen el desarrollo del nuevo

Los tipos de recursos que una compañía tiene son: su personal, sus facilidades y su situación financiera.

El personal y las facilidades son distribuidas entre varios tipos de actividades o departamentos, como por ejemplo: Diseño, producción y mercadeo; y entre diferentes construcciones como aquellas para diseño, prueba y equipo para producción y aquellas para sistemas de distribución. Una evaluación de recursos objetivos, ayudara a enfocar a la compañía en el tipo de productos que deberá desarrollar.

El mercado es un blanco móvil. La cantidad de tiempo que se tome para el desarrollo del producto es critico. El mas largo es el tiempo para la introducción de un producto, la mas incierta será el pronostico del mercado y por lo tanto es mas grande el riesgo.

2.1.1.2 Diseño. En el diseño del producto se incluyen actividades desde la construcción de una lista de requerimientos para el producto, para desarrollar ideas sobre apariencia y operación, hasta generar dibujos y documentación completa. La parte de esquemas y documentación contienen la información completa sobre el producto, con esto ya se puede empezar la manufactura del nuevo producto.

Los pasos que se siguen en la etapa de diseño son:

Preparación de la lista de requerimientos. Es la lista de lo que necesita el cliente, sus expectativas y problemas, beneficios y mejoramientos esperados de los productos existentes. Toda lista de requerimientos incluye ítems como geometría, cinemática, fuerzas, energía, material, señales, seguridad, ergonomía, producción, calidad, ensamble, transporte, operación, mantenimiento, costos, reciclaje y planes.

Conducir un examen tecnológico. Determinar qué es factible, al tiempo que se usan tecnologías realizables.

Diseño conceptual. Fase de diseño que mira los requerimientos funcionales del producto.

Diseño preliminar. Fase de diseño en la cual se desarrolla un plano definitivo para el producto en la forma general.

Diseñar, construir y probar un prototipo; construir una imitación si es apropiado.

Diseño en detalle. Fase final de diseño que conduce a los dibujos de producción, la lista de materiales, manufactura e instrucciones de ensamble y los manuales de operación y mantenimiento.

Preparar documentos tales como facturas por materiales y ensamble, operación e instrucciones de servicio.

2.1.1.3 Planeación del proceso. Llamada también producción o planeación de manufactura, la planeación de proceso involucra las decisiones en como debe ser manufacturado el producto. Por ejemplo, que pasos son requeridos para llevar a cabo la manufactura del producto; cuales procesos de manufactura se utilizan (virutamiento, conformado, etc.), maquinas (maquinas - herramienta, inyectoras, etc.) y herramientas requeridas; y la forma en que deben ser ensambladas las partes.

Los pasos en la planeación de procesos son:

Análisis de factibilidad. Determina si el proceso se puede llevar o no a cabo.

Diseño inicial del proceso. La planeación de recursos para el proceso de fabricación del producto.

Selección de proveedores y vendedores. Dependiendo de características como costo, calidad, cumplimiento, disponibilidad, etc.

Diseño de herramientas. Las cuales dependen del proceso de transformación que se va a emplear en la fabricación del producto.

Diseño final de procesos. Selección y distribución de los recursos necesarios en la fabricación del producto.

2.1.1.4 Manufactura. Bajo la manufactura incluimos la manipulación de materiales, producción de partes, ensamble, control de calidad y actividades relacionadas. Muchas de las decisiones relacionadas con la manufactura han sido tomadas con anterioridad durante la etapa de diseño preliminar, consciente e inconscientemente.

Los pasos en la manufactura son:

Aseguramiento de herramientas y equipo. Estructura física y distribución del equipo empleado en la transformación de un producto.

Montaje de la línea de producción. Encargarse de la logística necesaria para llevar a cabo el proceso de manufactura del producto en cuestión.

Recorridos de prueba. (tirar una línea de prueba). Ejecución preliminar del proceso de manufactura.

Recorridos de producción (tirar la línea de producción). Puesta en marcha del proceso de manufactura para la elaboración sucesiva del producto, una vez se halla evaluado su desempeño durante la fase anterior.

2.1.2 Ciclo de desarrollo del producto bajo el enfoque secuencial. Como hemos venido discutiendo en apartes anteriores, el diseño de un nuevo producto con frecuencia constituye un proceso secuencial en el que la información fluye principalmente de abajo hacia arriba y el área de producción se halla en el extremo de recepción de nuevos diseños de productos. Actualmente en las compañías, este enfoque se hace demasiado lento, costoso y con fuerte tendencia al error.

El concepto de producto se convierte en especificaciones funcionales de producto y de procesos y luego se entrega a producción. A medida que el diseño evoluciona, las decisiones que se toman y las opciones disponibles dependen con frecuencia de las primeras decisiones adoptadas. Si se presentan problemas, entonces se reconsideran estas decisiones y los ingenieros rehacen gran parte de su trabajo. Como la etapa de producción esta muy relacionada con los diseños de producto y proceso, es imposible realizar sobre la marcha cambios de ingeniería, que aparentemente son interminables. Esto conlleva a un “*efecto anular*”, que expande

inmediatamente el proceso de diseño del producto y a otro “*efecto escalera*” que eleva los costos al incorporar cambios de ingeniería.

2.1.2.1 El efecto anular. Al adoptar un enfoque secuencial de diseño, el ciclo de desarrollo del producto corresponde a lo que se muestra en la figura 7.

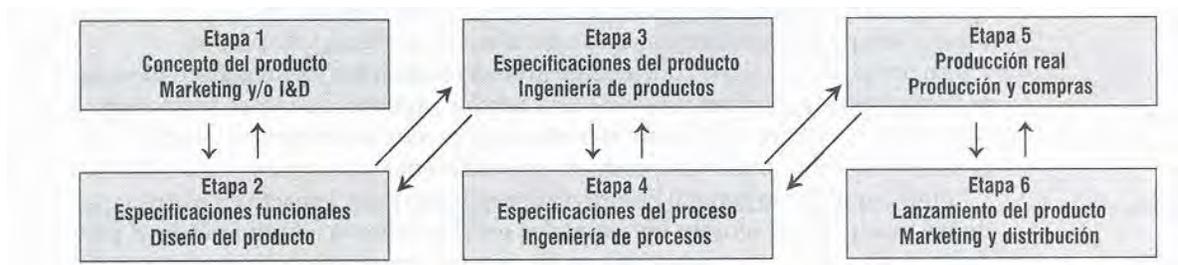


Figura 7. El efecto “Anular”

Cuando surja un problema, debe revisarse el trabajo que se haya realizado en las etapas previas. Esto origina un efecto anular que dilata con rapidez el tiempo de ciclo de desarrollo de producto.

Ilustremos esto con un ejemplo: los operarios de planta, observan que el producto no puede fabricarse debido a las especificaciones del proceso. Después de modificar varias veces estas especificaciones, los ingenieros de manufactura determinan que el problema se origina en uno de los componentes del producto. Después de varias repeticiones, se encuentra que el diseño permite la manufactura del producto. En la figura 8 se muestra

que el enlace sucesivo de las etapas 3, 4, y 5 prolonga drásticamente el proceso de desarrollo.

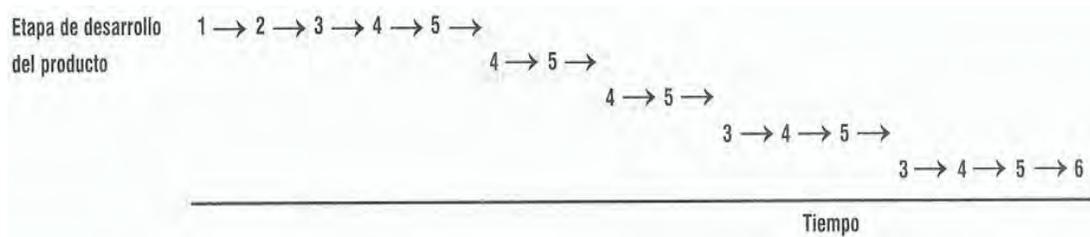


Figura 8. En lace sucesivo del efecto "Anular"

2.1.2.2 El efecto escalera. La elevada probabilidad de establecer cambios de ingeniería dificulta que una compañía pueda estimar con exactitud el momento en que el producto estará listo para ser introducido en el mercado. Los retrasos prolongados pueden originar el incumplimiento de las fechas de entrega e incluso la pérdida de oportunidades a medida que la competencia envía nuevos productos al mercado. La demora en uno de los proyectos puede desencadenar retrasos en los proyectos subsiguientes.

Además de prolongar el tiempo requerido para el diseño del producto, los cambios en ingeniería aumentarán los costos de diseño de producto, en especial cuando los cambios se introducen tarde en el ciclo de diseño del producto. El diseño se hace menos flexible y el costo de incorporar los cambios de ingeniería tiende a multiplicarse hasta por diez (Figura 9) a

medida que el producto se desplaza desde la etapa del concepto hasta el lanzamiento en el mercado.

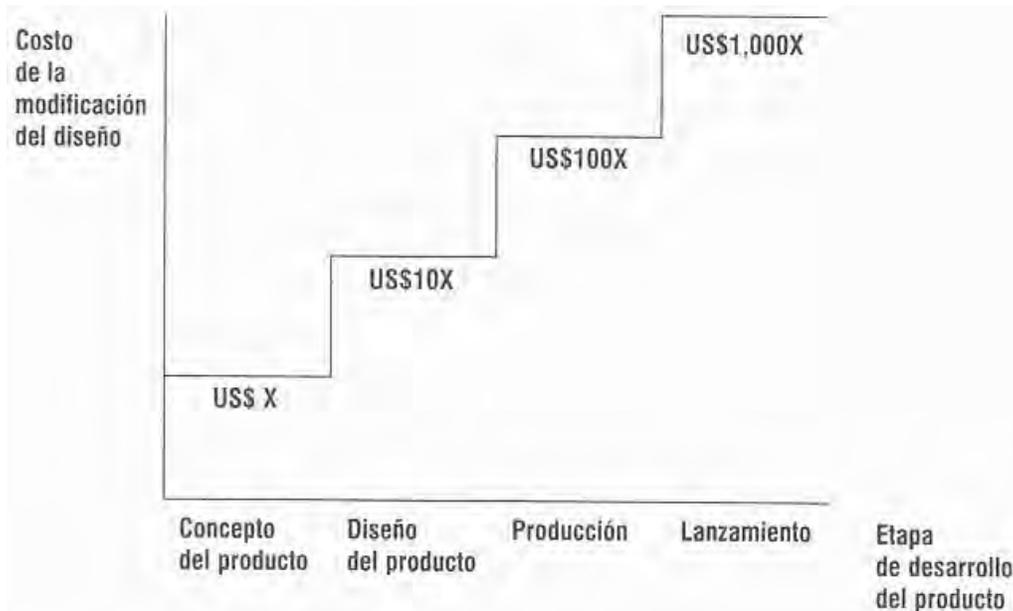


Figura 9. El efecto escalera

Pero no solo se incrementan los costos derivados del enfoque secuencial, sino que también los costos correspondientes derivados de manufactura del producto. Los estudios han demostrado que aunque el diseño de un producto solo representa el 5% del costo total, su impacto en los costos (calidad¹, manufactura, modificación de equipos y adquisición de tecnología) es tan grande que influye por lo menos en el 70% de los costos totales de producto.

¹El proceso de producción solo es responsable del 20% de los defectos de calidad. El diseño deficiente de los productos, agravado por las políticas de compras, que se preocupan más por los costos que por la calidad, es responsable del 80% restante.

Existe actualmente una estrategia que plantea un enfoque alternativo que ha tenido mucho éxito en el mercado competitivo global.

2.2 DISEÑO CONCURRENTES

La ingeniería concurrente es una estrategia que se presenta como una herramienta organizacional que facilita la integración, pues derriba las barreras tradicionales (divisiones, tiempo y geografía organizacionales) que separan producto y diseño de proceso, y (figura 10) desarrolla al mismo tiempo las especificaciones funcionales, de producto y proceso.

En teoría, la ingeniería concurrente involucra a clientes y proveedores de una compañía, junto con los representantes de una amplia variedad de ramas funcionales de ésta. Incluir representantes de los clientes en el equipo de diseño ayuda a asegurar que desde el comienzo se desarrolle un producto que realmente satisfaga sus necesidades.

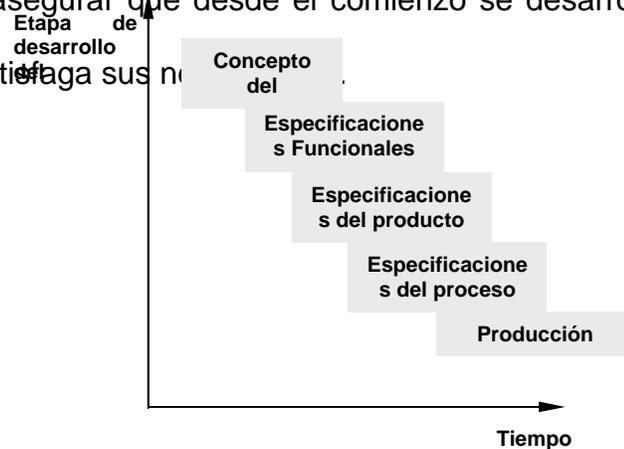


Figura 10. Variación de las etapas de desarrollo del producto en función del tiempo.

Puesto que por lo general los proveedores tienen gran impacto en el costo y la calidad de un producto, es sensato involucrarlos en el proceso de diseño desde el primer día. Trabajar en estrecha colaboración con los proveedores es aun mas importante cuando la compañía transfiere a sus proveedores la responsabilidad parcial (caja gris) o incluso total (caja negra) de componentes específicos. Claro que se debe tener en cuenta cuando la compañía se encarga de todas las actividades y no transfiere responsabilidades a ningún ente externo (Diseño de caja blanca). A continuación se presenta una visión general de los diseños de caja blanca, caja gris y caja negra.

Diseño de caja blanca. La compañía diseña la pieza por completo y sabe con certeza como debe funcionar, y mantiene una distancia prudencial con el proveedor, a quien solo se juzga en cuanto a su desempeño técnico y financiero.

Diseño de caja gris. La compañía escribe las especificaciones de la pieza y suministra una muestra o prototipo. Se juzga la capacidad de diseño del proveedor y de su capacidad de manufactura. El diseño de caja gris se

emplea en componentes complejos o en montajes parciales, no en piezas sencillas.

Diseño de caja negra. La compañía suministra muchas especificaciones, pero delega en el proveedor la obligación y responsabilidad total del diseño. Los diseños de caja negra se emplean en los sistemas militares de hardware (por ejemplo, naves aéreas). La compañía tiene estrecha relación con el proveedor y lo juzga de acuerdo con una amplia variedad de criterios, incluidas la rapidez en la respuesta y la eficacia gerencial de los proveedores. El proveedor puede tener otros proveedores que le aporten capacidad de diseño de caja gris o caja blanca.

Los representantes de mercadeo y producción se incluyen por derecho propio en los equipos de ingeniería concurrente; los primeros pueden aportar información valiosa sobre el mercado previsto de clientes, los segundos pueden suministrar retroalimentación sobre la posibilidad de fabricar los diseños de productos y la viabilidad de los diseños de proceso. Así mismo, pueden mantener informados a los diseñadores acerca de la flexibilidad de sus recursos actuales. Compras, finanzas, I&D y otras áreas funcionales también pueden contribuir con información valiosa (Figura 11) y pueden estar representados en el equipo de diseño.

Por otra parte el alto nivel competitivo del mercado, requiere que las compañías manufactureras sean capaces de entregar productos al usuario



Figura 11. Contribución de varias áreas funcionales en el proceso de diseño de producto

Un breve tiempo de lanzamiento al mercado de un producto, no necesariamente significa altos costos, un programa apropiadamente administrado puede generar productos de alta calidad a bajo costo y bajo restricciones de tiempo. Estas tres propiedades no solo dependen de las

características físicas del producto (geometría, materiales, tolerancias, etc.) sino también sobre como se lleva el proceso de desarrollo.

Desde el momento en que el desarrollo del producto comienza, sus costos empiezan a crecer a causa del uso de los recursos para su realización (personal, facilidades, equipos, etc.). En una economía de libre mercado, luego, el precio de los productos de los competidores que se encuentran en el mercado caerán con el tiempo.

Hay muchas razones para este fenómeno:

Racionalización continua del proceso de manufactura, Mejoramiento en los costos manejados en diseños existentes, Aumento en el conocimiento sobre el producto (El proceso de aprender).

Estas dos variables precio competitivo y costo del desarrollo se muestran de forma simplificada en la figura 12.

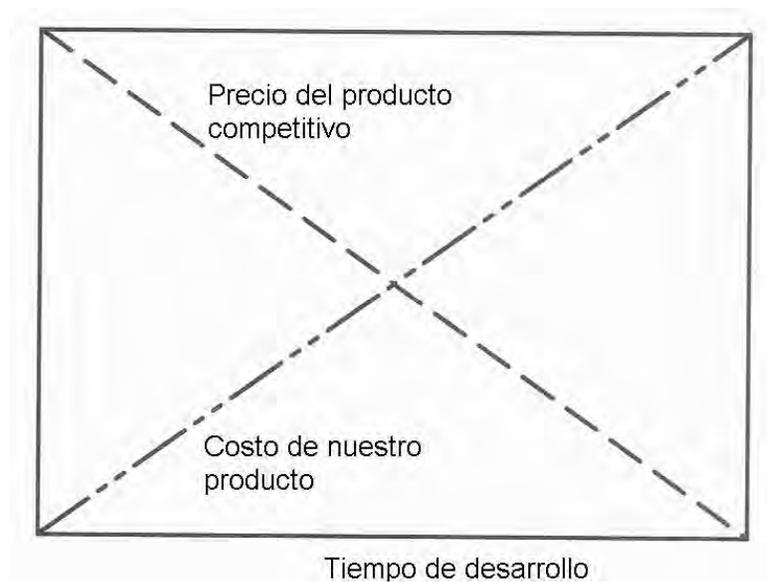


Figura 12. El costo y el precio varían con respecto al tiempo.

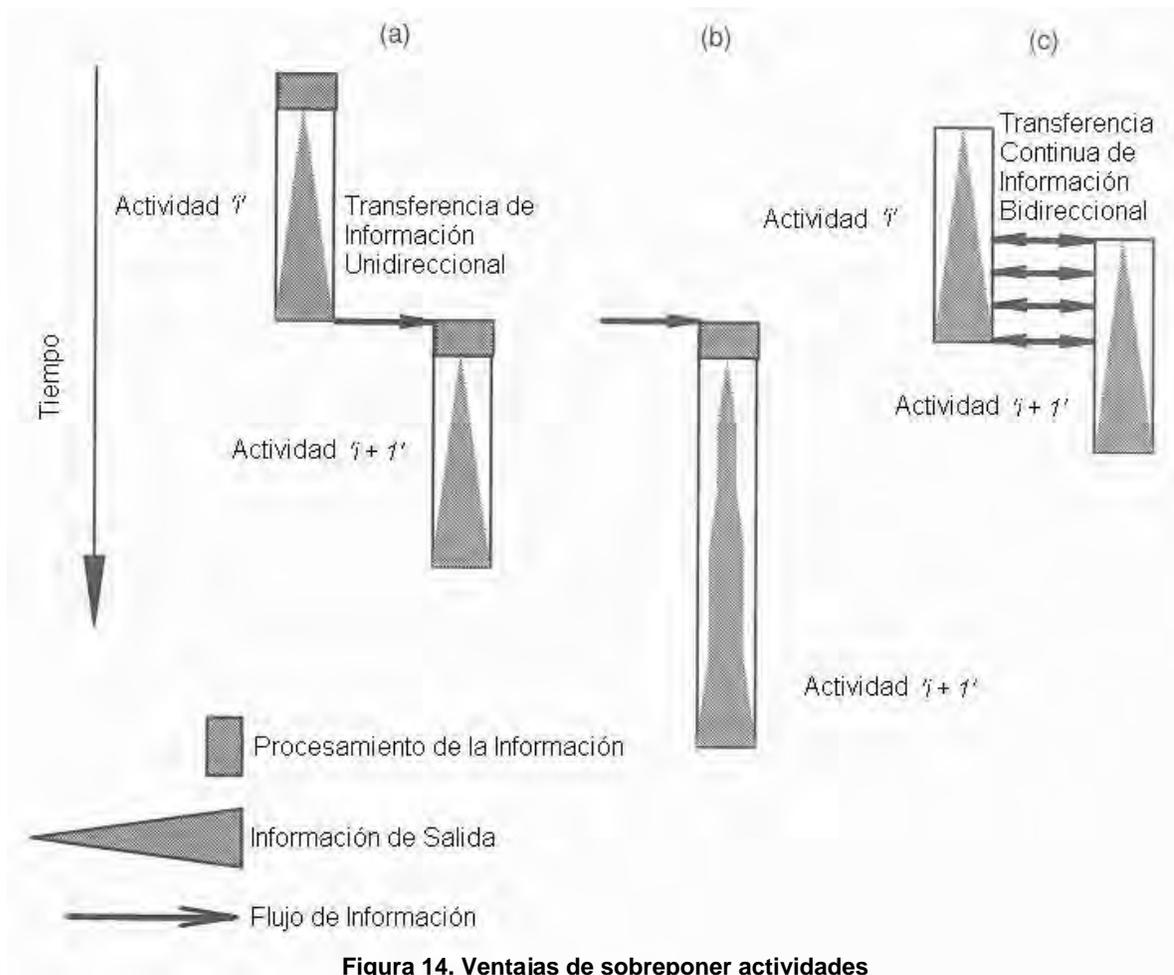
2.2.1 El proceso de realización del producto según el modelo concurrente. El compromiso “concurrente de funciones diferentes y superposición de actividades”, en conjunto con la mejor comunicación entre los departamentos, ha sido probado para reducir el tiempo de desarrollo, reducir costos e incrementar calidad tal como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Sobreposición de actividades según el enfoque

El paradigma moderno de la realización del producto es que el proceso debe ser diseñado al mismo tiempo que el producto. Esta frase no intenta minimizar el papel de IC en la administración de la producción.

El ideal de la IC se ha alcanzado rara vez. Un compromiso frecuente es una sobreposición de cada fase en el proceso de realización del producto con la siguiente fase (Hayes, Wheelwright, and Clark 1988). La ventaja de sobreponer por encima de las actividades secuenciales se muestra en la figura 14.



El esquema funciona de la siguiente manera: tómesese la actividad i como diseño y la actividad $i+1$ como manufactura. Los resultados de la actividad i son entregados sobre su culminación a la actividad $i+1$. La actividad de grupo

siguiente ($i+1$) requiere algo de tiempo para procesar la operación (diseños y documentos) que le fue entregada. Entonces este comienza con sus tareas y procedimientos para completarlos en un cierto intervalo de tiempo (a).

No obstante, como es un ideal, los procesos libres de problemas a menudo no se presentan en la vida real. Pero por ejemplo, puede suceder que algunas partes no sean económicamente viables de acuerdo al diseño, o el ensamble de las partes pueden presentar problemas, así arreglos rápidos y cambios deben ser realizados, conduciendo a errores que requerirán mas arreglos. El tiempo que se toma la actividad $i+1$ se reduce (b), al mismo tiempo por causa de cambios no planeados y decisiones apresuradas sobre el producto, los costos se incrementan y la calidad de este sufre.

En (c) se puede apreciar una metodología mejorada de operación, se presenta un continuo compartir de la información entre los grupos involucrados en actividades consecutivas, así como una previa resolución de conflictos. Entre la planeación de producto y el diseño, como la información puede ser sobre el estado de la tecnología, la cual afecta la realización del producto. El compartir información entre la planeación de proceso y los grupos de diseño, puede proteger las actividades relacionadas con la manufacturabilidad del producto.

La pregunta mas obvia que se viene a la mente es, ¿Cómo puede el grupo desempeñar el inicio de la actividad $i+1$ sobre información incompleta?. La clave para resolver esta paradoja es que el grupo siguiente no aceptaría la información como información final. También seria capaz de realizar cambios rápidos en sus procesos en respuesta a la información revisada por el grupo anterior. Un alto grado de confianza se requiere entre los dos grupos en cuanto a motivación y competencia.

2.2.2 Ciclo de desarrollo del producto bajo el enfoque paralelo. En la figura 15 se puede apreciar el alto grado de interacción (comunicación) entre las tres actividades claves en el ciclo de desarrollo del producto.

Este proceso va mas allá del diseño concurrente y la planeación del proceso. En efecto, algunas de las etapas de manufactura pueden ser iniciadas antes de que se completen todos los detalles del diseño. Esto no es necesario para que la planeación no esté completa antes de que comience el diseño, o tampoco que el diseño debe ser hecho del todo para que la manufactura comience. Puede haber un continuo flujo bidireccional de comunicación entre las actividades. La información saliente esta disponible en las etapas apropiadas de cada actividad para permitir comenzar algunas operaciones de la actividad siguiente. A lo largo del proceso de realización del producto, esta



Figura 15. Sobreposición de actividades en planeación, diseño y manufactura.

La secuencia de actividades es la siguiente:

El grupo puede empezar a preparar la lista de requerimientos y hacer el examen tecnológico tan pronto como planeación halla identificado la posición del mercado del producto, su intervalo de precios, nuevas características y su relación con productos de otras compañías.

Cuando las características específicas requeridas y desempeño han sido identificadas, y un costo objetivo instaurado, el diseño puede usar esta información para trabajar en el concepto.

Las últimas etapas de la planeación (presupuestos de ventas e instalación de directivas para actividades subsecuentes) son llevadas a cabo en paralelo, o a continuación, con el desarrollo del concepto.

Durante el diseño conceptual, tan pronto se analice la estructura del producto, el equipo de manufactura comienza a mirar el diseño del proceso de producción, analiza la productividad, y comienza la selección del personal de ventas.

Al mismo tiempo, la estructura del producto ha empezado a formarse, conduciendo a formas específicas de los conceptos y el ensamble, y así al diseño del prototipo inicial.

La producción de prueba de elementos o aseguramientos es sucedida por la construcción y prueba del prototipo.

Siguiente al desarrollo del prototipo, los detalles del diseño se finalizan mientras que el diseño final de herramientas y proceso se implementa.

Las actividades finales son el aseguramiento de partes y algún equipo de producción, y el montaje de la línea de producción.

Diseño prepara los documentos finales en las facturas de materiales e instrucciones de ensamble y servicio, mientras que manufactura monta el recorrido de prueba (tirar línea de prueba), seguido del recorrido de producción (tirar la producción).

2.3 DISEÑO SECUENCIAL vs DISEÑO CONCURRENTE

El equipo de trabajo fomenta la propiedad compartida del diseño y fortalece el compromiso de manufacturar un producto exitoso, enriquece los cargos y despierta la creatividad. Como todas las áreas se intercomunican en el diseño de proceso, la calidad del producto tiende a ser mejor, en tanto que los costos disminuyen.²

² las compañías que ponen en práctica la IC reportan niveles de calidad entre 200% y 600% mas altos, productividad de empleados de oficina entre 20% y 100%, más elevada y retorno sobre los activos entre 80% y 120% más altos que antes.

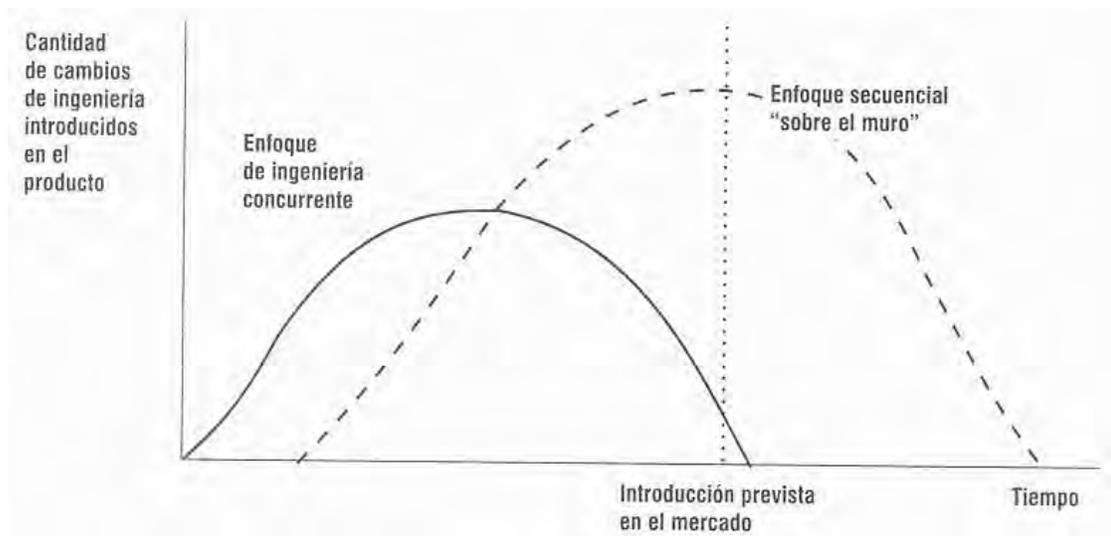


Figura 16. Diseño Secuencial vs. Diseño concurrente

La mejor contribución de la IC es la rapidez con que se diseñan los productos y se introducen en el mercado. Recibir sugerencias e información de varias áreas funcionales, amortigua desde el comienzo el *efecto anular* y ahorra gran cantidad de tiempo. Este también se economiza debido a que las especificaciones funcionales de producto y de proceso no se desarrollan de manera secuencial, pues cada área coincide en parte con las actividades de las áreas adjuntas. En consecuencia, el tiempo de equilibrio de la compañía es mucho menor (medido desde el primer día en que los beneficios

acumulados del producto sean iguales al total de la inversión de desarrollo) debido a que la calidad del producto es mucho mayor.

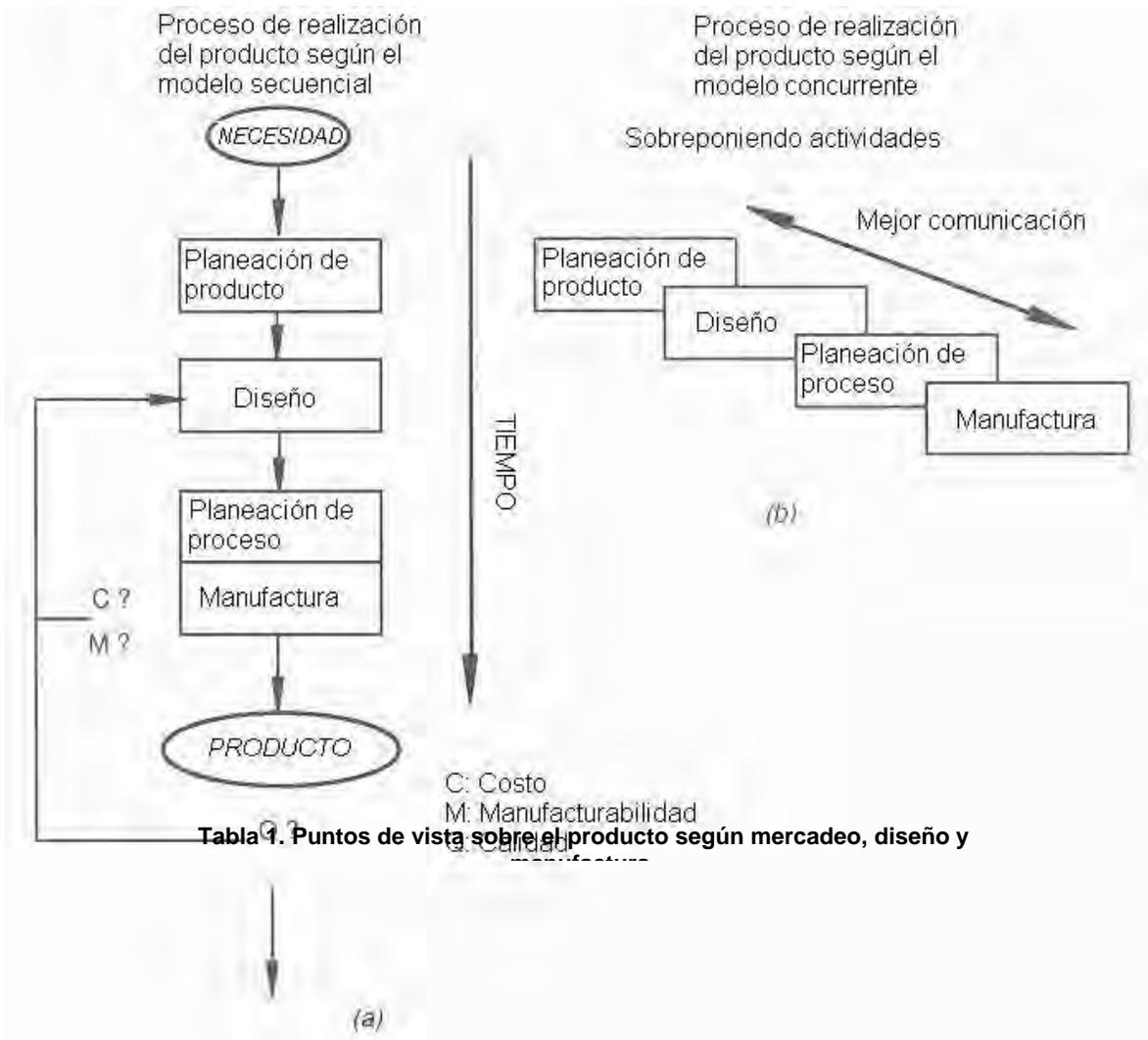
2.3.1 Necesidad de un producto concurrente y el proceso de realización del producto. Los productos actuales tienden a ser complejos en el orden de satisfacer los requerimientos funcionales y otros requerimientos impuestos en ellas. La complejidad del producto ha conducido a la emergencia de organizaciones complejas, con departamentos individuales manejando las diferentes funciones, diseño y manufactura. En muchas compañías hay “barreras” ó “muros” entre los diferentes departamentos , éstos son separados físicamente y/ó hay una pobre comunicación entre éstos. Como resultado de esta separación:

La idea del producto es enviada desde mercadeo a Investigación y Desarrollo, El departamento de diseño sólo trabaja en el diseño y después de que se completa el diseño, los documentos son lanzados por encima de la barrera a manufactura.

Esto puede ser entendido en la figura 17, la cual muestra las fases del proceso de realización del producto, enfrentando los enfoques descritos anteriormente.

Este método desemboca en muchos problemas, principalmente debido a la familiaridad insuficiente de los diseñadores con los procesos de manufactura. Un malentendido de parte de diseñadores de los deseos de los usuarios puede jugar también un papel significativo.

A menudo los cambios de ultimo minuto deben ser efectuados en la etapa de



	competidores, tenga más características.
Diseño	Use la más reciente tecnología; Hagalo "atractivo"
Manufactura	Tenga una línea de producción estable; procesos serían fáciles de montar.

2.4 TRANSICIÓN DESDE EL ENFOQUE SECUENCIAL HASTA EL ENFOQUE CONCURRENTENTE.

¿ Como puede una compañía cambiar el enfoque secuencial por un enfoque de ingeniería concurrente en el diseño de proceso y de producto? Esta transición implica mucho mas que equipos creativos interfuncionales. Es esencial emprender cambios en las áreas funcionales y de comunicación. Las siguientes directrices ilustran cómo deben replantearse las áreas tradicionales de responsabilidad, líneas de autoridad y sistemas de retribución:

Los administradores funcionales deben delegar la autoridad de toma de decisiones a sus representantes en los equipos, de modo que el grupo de trabajo pueda revisar, modificar y aprobar los diseños con rapidez. Las líneas de autoridad y las relaciones de reporte deben revisarse y reformularse. El aumento en la eficiencia reduce la necesidad de tener más burocracia en la compañía; muchos individuos pueden experimentar temor y recelo por la pérdida de poder.

Debe superarse cualquier controversia que exista entre áreas funcionales y debe nivelarse el estado de las diversas áreas.

Las posibilidades de hacer carrera para los especialistas funcionales ya no están bien definidas.

Es necesario que los cambios en la estructura de las retribuciones estimulen más el equipo de trabajo que a los individuos y minimicen la posibilidad de establecer nuevas metas funcionales inconsistentes.

Los especialistas funcionales deben aprender a establecer una comunicación efectiva con los especialistas de otras áreas. También es necesario aprender a compartir el trabajo antes de que finalice, y a criticar y trabajar con información incompleta. Las investigaciones señalan que la comunicación entre los miembros de equipo provenientes de diversas áreas funcionales es más fácil si dichos miembros trabajan de tiempo completo en los equipos y no de tiempo parcial. La condición de miembro de tiempo completo mejora la frecuencia y la calidad del intercambio de ideas; además, evita que los miembros de los equipos se distraigan o se dejen presionar por otros asuntos.

3. ESTRUCTURA DE DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE LA ESTRATEGIA

3.1 GENERALIDADES

Hoy, una parte esencial del esfuerzo corporativo de las organizaciones es la habilidad de reaccionar a las necesidades variables del mercado de manera rápida, predecible y responsablemente.

El tiempo de puesta en el mercado se ha convertido en una medida crítica del desempeño de los negocios. El mercado está en una evolución y transformación constante como resultado de nuevas tecnologías, regulaciones, alianzas globales y necesidades variables del cliente. El ciclo de vida del producto se reduce virtualmente en todas las áreas. Los productos tradicionales que van desde la construcción hasta la aeronáutica, se han vuelto más complejos. Todos estos factores ejercen gran presión en los administradores de proyectos y diseñadores de productos, para traer nuevos productos y proyectos de manera más rápida al mercado sin

comprometer la calidad del producto, características o eficiencia en el costo. Aspectos a tener en cuenta en nuestro proyecto.

3.2 REQUERIMIENTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTES.

IC requiere de una transformación del ambiente de desarrollo de productos secuencial tradicional. Esta transformación requiere un amplio soporte no solo de la alta gerencia sino también de los mandos medios y los niveles más bajos de la compañía. Hacer énfasis en la construcción de la calidad de los productos desde la etapa de diseño así como la participación de los clientes y los proveedores que se requiere para superar las barreras que se presentan en el ambiente secuencial de desarrollo de producto. También los equipos interfuncionales y multidisciplinarios pueden superar estas barreras entre los diferentes departamentos y proveer efectivamente los medios de comunicación necesarios.

Esto requiere un cambio fundamental en el interior de la organización para proveer un ambiente que conduzca al trabajo en equipo y a obtener el compromiso de cambio de los empleados. Similarmente, nuevas metodologías se necesitan para proveer formas eficientes de identificar las necesidades de los clientes, y traducirlas dentro del producto, el proceso y

las especificaciones de producción, e integrar el producto con otros procesos de desarrollo. Estas perspectivas estratégicas para una exitosa implementación de IC son llamadas factores de éxito y pueden ser clasificadas dentro de cuatro categorías, a saber, actitud gerencial, desarrollo de producto, cambio organizacional y metodologías de implementación.

Cada una de estos factores estratégicos de éxito pueden ser bien definidos en términos de varios atributos. Por ejemplo, la actitud gerencial puede ser bien entendida por la definición de atributos como la dirección y soporte de la alta gerencia, el compromiso de los mandos medios, la estrategia de desarrollo proactiva y el estilo gerencial participativo (Tabla 2)

Tabla 2. Factores de éxito en la implementación de IC.

Perspectivas estratégicas	Definición de atributos
Actitud gerencial	Dirección y soporte de la alta gerencia. Compromiso de los mandos medios. Estrategia proactiva de desarrollo. Estilo gerencial participativo .
Desarrollo de producto	Aseguramiento del diseño. Compromiso del cliente. Participación del proveedor.
Cambio organizacional	Estructura multidisciplinaria.

	Administración interfuncional. Compromiso de cambio del personal de empleados.
Metodologías de implementación	Uso de tecnologías computacionales. Uso de herramientas analíticas.

Mientras que la iniciativa de IC es un programa a largo plazo que involucra una gran inversión en recursos humanos y tecnológicos desde un comienzo, la dirección y el soporte de la alta gerencia es vital para una implementación exitosa de IC.

La alta gerencia no solo debe apoyar la iniciativa de IC sino que debe participar activamente en la formulación e implementación de las metas y los objetivos de IC. Desde aquí, IC requiere de decisiones colectivas más bien que de decisiones funcionales tradicionales tomadas de manera serial, los mandos medios pueden sentir que perderán control sobre sus presupuestos. También se asustarán al perder personal de sus departamentos. Así que es importante dejarles saber que continúan jugando un papel muy importante en el ambiente de IC y tomar el compromiso de la implementación como meta de la compañía.

Una estrategia proactiva de desarrollo de productos es también esencial y debe basarse entre una investigación de tecnología dirigida y el esfuerzo de

desarrollo de adelantar productos tecnológicamente superiores, ó enfocados a esfuerzos de investigación de mercados para identificar las necesidades del cliente y construirlas en los productos.

Esta aproximación proactiva pone como prioridad la competencia de ser el número uno en el mercado con un producto que los competidores encuentran difícil de igualar. La gerencia participativa que involucra personal de diferentes niveles funcionales de responsabilidad en la toma de decisiones que usualmente traen poca resistencia al cambio. Mientras que IC requiere muchos cambios en la organización a fin de tener un desvío del proceso de desarrollo tradicional, un estilo de gerencia participativa ayuda en el alcance exitoso de una más rápida implementación de IC.

Mientras que en el caso de una actitud gerencial, el desarrollo de productos es soportado por los atributos de definición de aseguramiento del diseño así como el compromiso del cliente y el proveedor. El aseguramiento de diseño se asegura de la calidad del producto considerando cuidadosamente todos los aspectos del producto, proceso y sistemas de soporte cuando el concepto (o especificaciones, o requerimientos) para el producto se diseña primero. Sin tal concepto de aseguramiento del diseño, IC no puede ser exitosamente implementada para asegurar el ciclo de desarrollo del producto. una implementación exitosa de IC demanda un flujo bidireccional constante de

información con los miembros externos incluyendo clientes y proveedores. Mientras que un compromiso previo de los clientes y los proveedores puede enfatizar el enfoque del cliente en la identificación de las necesidades de este y asegurar la capacidad del proveedor de conocer las especificaciones del producto. el compromiso externo siempre es difícil y complejo de manipular, particularmente el compromiso de los clientes, pero los riesgos alternos de realizar productos que no se puedan vender o manufacturar es probablemente peor.

A fin de vencer las dificultades organizacionales asociadas con la medida de control, grupos de compañías en las cuales el desempeño del personal es similar a las funciones de trabajo conjuntas de un departamento adoptan estructuras jerárquicas de reportes. En esta situación, los miembros individuales de un departamento funcional tienden a adoptar los mismos valores y metas que cada uno de los otros miembros. Estas metas, por lo tanto, a menudo, están en desacuerdo con los objetivos de otros departamentos. Mientras que las barreras funcionales o departamentales pueden formar barreras claves en la implementación de IC como estrategia. Los equipos multidisciplinarios son las más efectivas formas conocidas para coordinar e integrar las etapas del proceso de desarrollo de producto. estos equipos involucran personal de todos los departamentos concernientes al proceso de desarrollo del producto como lo son diseño, manufactura,

mercadeo y compras, pueden incluir consumidores y proveedores. Reportes de muchos casos exitosos indican que la implementación de IC comienza con la formación de equipos multidisciplinarios que superarían las barreras entre departamentos y fortalecerían la comunicación interdepartamental. A menos que todos los miembros del equipo se hallan comprometido con las mismas metas, el solo hecho de reunir personas de diferentes departamentos no permite alcanzar los objetivos de IC. También casos de estudio de exitosas implementaciones de IC revelaron que la cultura interfuncional es vital para un efectivo funcionamiento de los grupos multidisciplinarios.

Mientras que IC requiere un cambio estructural del proceso tradicional de desarrollo de productos, requiere ciertos cambios del personal operativo, cambios en la alta gerencia y los mandos medios, así como diseñadores de producto, programadores de producción e ingenieros de manufactura, etc. A fin de realizar una más suave implementación de IC y mas exitosa, el compromiso y la forma en que se involucran todos los miembros de personal operativo son esenciales. De este modo la formación de equipos multidisciplinarios, fortalece la cultura multifuncional y obtiene el compromiso de los empleados al cambio, constituyendo así los atributos de definición de un cambio organizacional.

Además de un cambio organizacional, la efectiva implementación de IC requiere el uso de tecnologías computacionales y técnicas analíticas. Estos dos factores constituyen los atributos de definición de metodologías de implementación. Las tecnologías computacionales incluyen el diseño asistido por computador (CAD), ingeniería asistida por computador (CAE), manufactura asistida por computador (CAM) y prototipado rápido, son conocidas para ser aplicadas en actividades del desarrollo de productos. Las aplicaciones, son por lo tanto realizadas de manera aislada, solo para resolver problemas particulares. Muchos investigadores señalan que hay un gran potencial para utilizar estas y otras tecnologías computacionales para apoyar la implementación de IC de manera integrada en forma de soporte de decisiones y comunicaciones. La infraestructura del soporte de decisiones puede asistir en la evaluación y selección de propuestas para las acciones a lo largo del desarrollo del producto, mientras que la infraestructura de comunicación puede ser usada para establecer un sistema unificado para el almacenamiento, control y recuperación de toda la información y datos relevantes del producto. esto provee una base de datos común y un mecanismo para la oportuna distribución de la información y conocimiento para la toma de decisiones de los PDT's. Desde aquí IC requiere trabajo en grupo y distribución de la información en un ambiente integrado de desarrollo de productos, la comunicación efectiva y oportuna es crítica para su éxito.

Un número de diferentes técnicas analíticas ha sido desarrollada para asistir la implementación de IC. Con estos métodos empleados efectivamente junto con la estrategia que IC propone, muchos problemas de manufactura pueden ser identificados en etapas tempranas del desarrollo y la justificación y optimización del diseño pueden también ser alcanzadas. Las técnicas comunes reportadas para ser útiles en esta área son el diseño para manufacturabilidad y ensamble (DFMA), organización para la función de calidad (QFD), Análisis de causa efecto (FMEA), análisis del árbol de defectos (FTA), diseño robusto (diseño de experimentos y métodos de Taguchi), Tecnología de grupo (GT) y Ingeniería de valor (VE), etc. Con la ayuda de software y hardware de las computadoras, estas herramientas analíticas pueden ser aplicadas efectivamente en el ciclo de vida del producto.

3.3 ESTRUCTURA DE IMPLEMENTACIÓN

A menudo los ingenieros son acusados de ser reduccionistas y de ignorar las inquietudes importantes relacionadas con la gente. No importa que tan bueno sea el proyecto de ingeniería, si no hay gente tras este, fallará. IC a menudo requiere cambios radicales en la cultura corporativa así como en las prácticas de ingeniería; como tal, ésta es particularmente dependiente de la gente y su apoyo a fin de que tenga éxito.

Muchas compañías necesitaran cambiar la manera de tratar con proveedores y sus propios empleados. IC, JIT, TQM demandan relaciones de largo término, interactivas y maduras con cada uno de estos grupos importantes. Por ejemplo, las compañías deberían reevaluar sus políticas de empleo con una visión, aceptar gente entrenada en cada área de sus negocios. Estas personas, y en efecto, los demás empleados, deberían también ser vistos como recursos permanentes de la compañía y ser continuamente entrenados, comprometidos, motivados y adiestrados. El uso incrementado de subcontratación puede causar dificultades en algunas compañías, especialmente en la constitución de los equipos de diseño.

Si bien, nuevas implementaciones de IC pueden generar significantes beneficios con infraestructuras de gastos relativamente bajos, los beneficios a largo plazo son probablemente limitados, especialmente para las grandes compañías.

Mientras que compañías pequeñas puede usar exitosamente muchas de las herramientas de IC a bajo ó ningún costo, Las grandes compañías rápidamente alcanzan el punto más lejano donde el desarrollo es simplemente imposible sin apoyo tecnológico.

Para las compañías grandes las inquietudes de administración , diseño y complejidad del análisis demandan la creación de una moderna base de datos para cualquier implementación de IC. Aún las pequeñas compañías pueden beneficiarse de la integración que una base de datos PPO (Producto, Proceso y Organización) provee a otras compañías, por ejemplo, JIT, MRP-II, TQM, CAD, CAM y CIM.

Hay dos grandes beneficios para compañías que son capaces de implementar y operar un saludable sistema de IC. El primero y el más obvio beneficio es el tiempo y el ahorro asociado con los costos que la estrategia de IC provee. El segundo beneficio es el más sutil, pero quizás más importante que el primero. Es la integración a largo plazo de todos los sistemas de la compañía por la filosofía de IC, el cual puede también actuar como un ente que la hace entrar en un sistema CIM. Aunque este segundo beneficio depende básicamente en la tecnología de las computadoras, es vital recordar que la implementación debe ser balanceada. La tecnología no es el fundamento de IC, es meramente un medio que permite la explotación completa de la estrategia.

3.3.1 Practicas para implementar IC en un ambiente de desarrollo de productos. Se propone a continuación algunas de las prácticas a seguir para la implementación de IC (Figura 18.).

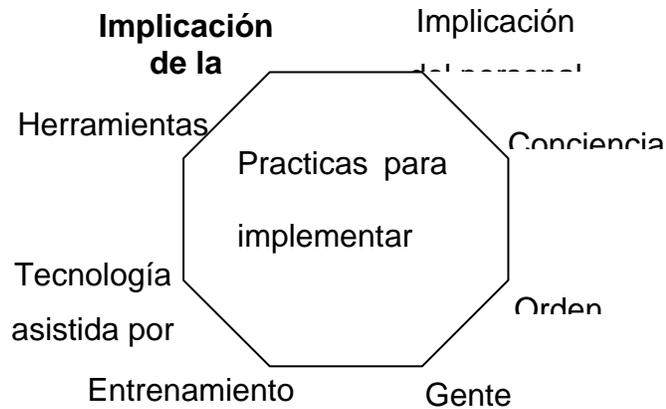


Figura 18. Practicas para implementar IC en un ambiente de desarrollo de

3.3.1.1 Implicación de la manufactura de manera formal tan previamente como sea posible en el desarrollo de nuevos productos.

3.3.1.2 Implicación del personal de empleados en programas de participación, pruebas ó evaluaciones y de proveer la genuina oportunidad a los empleados de tener información de entrada constructiva dentro de los procesos de la compañía.

3.3.1.3 Incremento de conciencia del costo en el compromiso mutuo de operarios y supervisores dentro de un programa de reducción de costos.

3.3.1.4 Orden apropiado de los empleados para mejorar la libre interacción y la comunicación persona a persona.

3.3.1.5 Contratar gente clave con buenas relaciones interpersonales, que sean capaces de resolver problemas y destreza para el análisis, gente que tenga un entendimiento claro de las metas del negocio y con dinámica organizacional.

3.3.1.6 Ofrecer capacitación y entrenamiento a empleados clave en el reconocimiento y solución de problemas así como destrezas de desarrollo interpersonal y conocimiento sobre IC.

3.3.1.7 Explotar el poder que ofrecen las tecnologías avanzadas asistidas por computadora (CAD por ejemplo), en listas de requerimientos, modelado de sólidos e interfaces con herramientas de CAM.

3.3.1.8 Aplicación de herramientas analíticas usando directrices de manufacturabilidad, métodos estadísticos, variación en el modelado, estructuras de sistemas expertos, análisis de elementos finitos (FEA), etc.

3.3.2 Plan conceptual de implementación. Este plan se diseña con el fin de traspasar las barreras que enfrenta un programa de IC durante su implementación (Figura 19.).

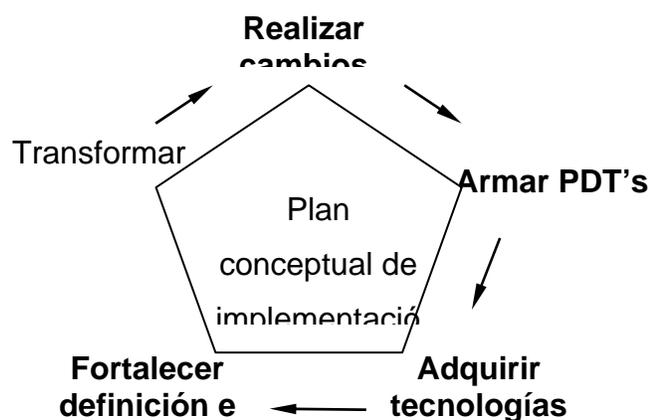


Figura 19. Plan conceptual de implementación

3.3.2.1 Realizar una transformación en la cultura como primer paso. Cada quien en la compañía necesita aprender sobre la filosofía que la estrategia trae.

3.3.2.2 Efectuar cambios organizacionales puede requerir cambios estructurales a la estructura administrativa a fin de soportar apropiadamente los objetivos de la estrategia.

3.3.2.3 Construir equipos de trabajo es un elemento importante de la estrategia. Los equipos necesitan ser representativos, con destrezas múltiples y con la libertad y autoridad para actuar.

3.3.2.4 Estar provistos de tecnologías adecuadas de soporte, lo cual es responsabilidad de la gerencia, y su uso es la tarea de los equipos.

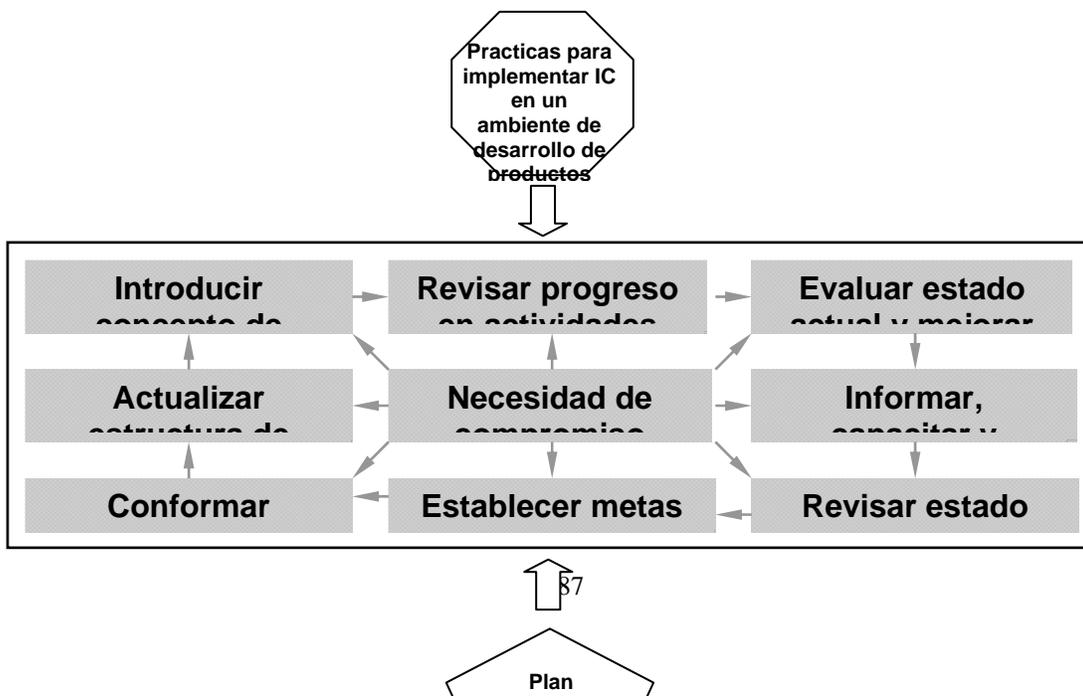
3.3.2.5 Fortalecer la definición e interacción de cada papel es necesario para que de esta manera las personas dentro de la organización tengan alguna

idea de que se espera de ellos. Esto los ayuda a realizar contribuciones útiles.

Este aparte está basado en el análisis de cuestionarios y casos de estudio para proponer el plan de implementación (ver guía de implementación de IC, numeral 3.3), que es un compromiso real entre las prácticas y el plan conceptual. Aunque el plan propuesto es completamente simple y práctico en naturaleza, este se esfuerza en la importancia de la filosofía fundamental de la IC como estrategia y el orden correcto de implementación.

3.4 GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INGENIERÍA CONCURRENTES EN UN AMBIENTE DE DESARROLLO DE PRODUCTOS.

Los siguientes párrafos presentan las directrices propuestas para la



implementación de un programa de ingeniería concurrente para un ambiente integrado de desarrollo de productos, que deberían seguir las compañías de manufactura para alcanzar los objetivos que IC persigue (Figura 20.).

3.4.1 Necesidad de compromiso desde la alta gerencia hasta los operarios, a largo plazo, sistemas que visualicen desde el exterior hacia el interior al negocio como un todo y en especial la actividad de diseño. (Esto involucra la visión del ciclo de vida del producto). para ello se requiere personal con voluntad de trabajo, que no se desprendan de la cadena productiva sino que aporten ideas en las demás actividades, que persigan el mejoramiento continuo en todos los aspectos del ciclo de vida del producto, trabajar con integridad y transparencia y con la ética suficiente para identificar y controlar las variables críticas dentro de la cadena productiva para lograr la satisfacción completa del cliente.

3.4.2 Informar, entrenar, capacitar y comprometer a todo el personal desde el comienzo. Para evitar flujos equivocados de información que distorsionen el proceso de realización del producto, ya que se deben superar las barreras entre los diferentes departamentos de la compañía.

3.4.3 Revisar los sistemas y métodos actuales de diseño de la compañía. Realizar una evaluación a nivel organizacional, a nivel de los procesos, a nivel de la tecnología, de la interacción entre los dos anteriores y de las metodologías de diseño existentes en toda la compañía para conocer su situación actual y observar fortalezas y debilidades en las diferentes áreas de la compañía.

3.4.4 Planear y establecer metas basadas en los objetivos de la estrategia de IC. Este ítem hace referencia a situaciones como: adquirir información de manera instantánea por parte de los clientes y los proveedores; reducir costos de adquisición; reducir costos operacionales de manufactura; reducir el tiempo requerido para el desarrollo del producto; incrementar la comunicación entre los departamentos que componen la compañía; integrar la función de producción dentro de la compañía; etc.

3.4.5 Implementar los equipos de desarrollo de producto (PDT's) con énfasis en DFX (Design For "X"): formar grupos interdisciplinarios en cuyas

tareas tengan en cuenta trabajar bajo el principio de diseño preliminar o de incorporamiento, que es una de las fases de diseño que involucra la determinación de formas, flujos o movimientos, materiales y los procesos de manufactura. El termino DFX contiene varios ítems, es un termino originado en la literatura de diseño en los años 80's, donde X puede ser M (manufactura), A (ensamble), C (costo), Q (calidad), etc.

3.4.6 Actualizar la infraestructura de soporte, en particular computadoras, bases de datos y comunicaciones con asesoría de los equipos de desarrollo. Pasar de herramientas de aplicación que incrementen la efectividad individual a herramientas de aplicación que incrementen la efectividad del grupo (equipo) y que a la vez faciliten la interacción entre los miembros del grupo y entre los demás grupos de la compañía. Lo anterior se logra efectuando una transición del uso de computadoras personales que son usadas de manera individual a utilizar redes de área local (LAN) entre los Computadores personales de la compañía por medio de la comunicación en los diferentes formatos (texto/gráfico, voz, vídeo y teleconferencia en tiempo real).

3.4.7 Introducir el concepto de concurrencia (sobreposición de actividades). (ver proceso de realización del producto según el modelo concurrente, capítulo 2, numeral 2.2.1)

3.4.8 Monitorear y revisar el progreso, no solo en las actividades sino también en tiempo. Comparar con los planes formales (los del numeral 3.2.4) y con los de compañías similares. Realizar evaluaciones periódicas para determinar el estado de los resultados y los beneficios que ofrece el uso de un programa de Ingeniería Concurrente.

Numerosas investigaciones indican que muchas de las compañías que se embarcan en un nuevo programa de IC han preconcebido ideas sobre los tipos de resultados que obtendrían y la estructura de tiempo en la cual aparecerían. Generalmente las compañías esperan una implementación lineal como en la que se muestra en la figura 21 donde los beneficios obtenidos de un programa de IC continúan en incremento en una tendencia lineal con respecto al tiempo.

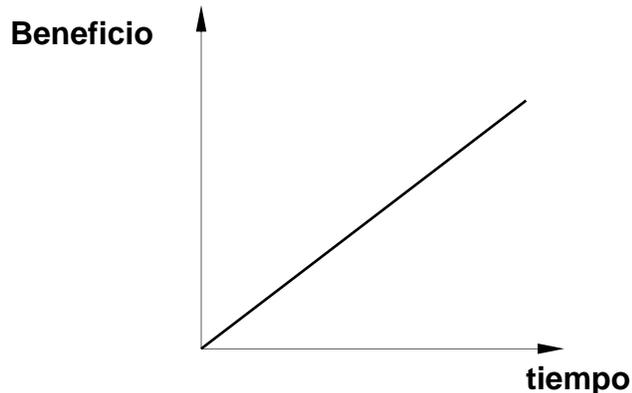


Figura 21. Ganancias esperadas de una nueva implementación de IC

Luego, el programa raramente progresa como se espera. La posible razón es que muchas compañías escogen introducir IC en el orden contrario a la manera que se propone.

El plan de implementación observado es usualmente el siguiente:

Diseño para manufactura / consideraciones de ensamble, Desarrollo paralelo del diseño, Equipos de diseño multidisciplinarios, Acercamiento a lo ancho de la compañía de manera sistemática e integrada, y Perspectiva del ciclo de vida del producto.

Como un plan, éste está construido sobre fundamentos erróneos. En lugar de introducir cuidadosamente filosofías de sistemas a la compañía y obtener amplio soporte del programa de IC, algunas compañías parecen haber optado solo por la implementación rápida. Aunque estos beneficios son reales y relativamente de fácil obtención, la implementación resultante será superficial y no continuará creciendo (Figura 22).

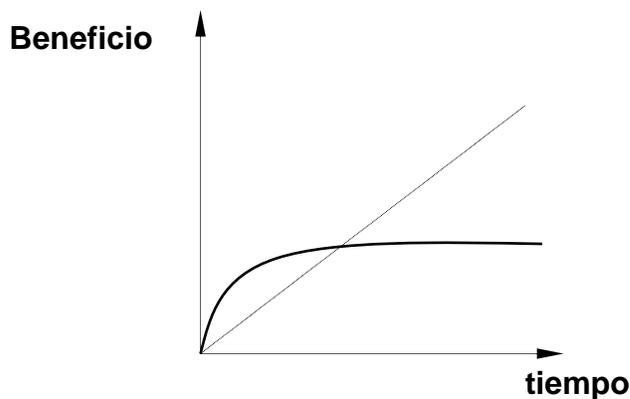


Figura 22. Ganancias actuales de implementaciones “rápidas”.

Basado en casos de estudio, el crecimiento extensivo, implementaciones tipo-sistema tendrían la forma mostrada en la figura 23.

Debido al fundamento inicial de trabajo de establecer compromiso, entrenamiento, revisión y planeación, los beneficios de la implementación tipo-sistema puede ser demorados para aparecer. Luego, como se muestra en la figura 23, los beneficios eventuales son demorados pero continúan creciendo con la compañía.

Las directrices para la implementación de IC denotadas previamente fueron formuladas de modo que sean generales en su aplicación, por lo tanto, los

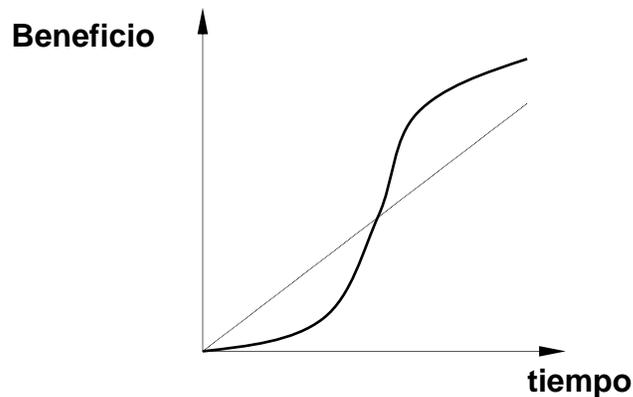


Figura 23. Ganancias alcanzables de implementación de IC tipo-sistema.

pasos cinco y seis dependen del tamaño de la compañía, la estructura y la operación de los PDT's y la infraestructura de soporte que estos reciben que

es probablemente diferente en escala entre las grandes y pequeñas compañías.

4 APLICABILIDAD DE LA ESTRATEGIA EN EL SECTOR DE DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS PLASTICAS

4.1 GENERALIDADES

Las exigencias que se vienen presentando en las empresas para participar en un mercado global cada vez mas competitivo hacen que estas deban incorporar innovaciones científicas y tecnológicas, así como desarrollo de programas para el aseguramiento de calidad de procesos y productos, requiriendo para ello de un talento humano creativo, capaz de trabajar en equipo, altamente competente en su desempeño y en permanente actualización.

Esta realidad nos obliga a unir esfuerzos y voluntades desde el sector productivo y educativo para hacer frente a los cambios que se están presentando en los campos de la actividad empresarial y laboral, orientados a concertar proyectos en beneficio de todos los que de una u otra forma están vinculados y ayudan en su desarrollo.

El estudio de caracterización petroquímica plásticos caucho fibras sintéticas servirá de referencia para indicar las funciones productivas relevantes del sector de manufactura de piezas plásticas y determinar áreas prioritarias sobre las cuales se requiere elaborar estándares de competencia laboral e implementar estrategias como la que propone la Ingeniería Concurrente.

4.2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SECTOR DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS EN COLOMBIA. UNA BREVE DESCRIPCIÓN

Este diagnóstico tiene como objetivo identificar, describir y analizar la naturaleza, límites, características y tendencias del sector de transformación del plástico y afines en tres entornos principales económico, tecnológico y organizacional.

A continuación se presenta a manera de resumen las variables y elementos en el que se encuentra la industria de transformación del plástico y afines en cada uno de los entornos mencionados para el diagnóstico. Debe tenerse en cuenta el tiempo y alcances planteados para el mismo ya que debe entenderse como una aproximación a la situación real de este sector.

4.2.1 Entorno Económico. Con base en el estudio de caracterización se deduce la muy poca participación de los productos plásticos Colombianos en el mercado global, debido quizás al estancamiento tecnológico y a que el sector no ha resistido los embates de la apertura económica y el contrabando; el negocio es netamente global dominado por unas cuantas multinacionales con las economías de escala y la inversión de investigación adecuada para sacarle partido a la inversión en tecnología que se requiere; es así como muchas empresas nacionales en este sector han tenido que recurrir a la venta y cierre de plantas.

La posible razón de la poca participación del sector de plásticos en las exportaciones es que los elementos como la producción, el análisis de ingeniería, el seguimiento de mercados y la investigación y desarrollo no cuentan con recursos apropiados para ser estimulados y activados en aquellas empresas que se hayan sensibilizado de la necesidad de hacerlo, y consideren hacerlo aun por encima de las limitaciones no financieras existentes.

4.2.2 Entorno Tecnológico. Aunque no se cuentan con los recursos, un porcentaje significativo de las compañías del sector de transformación del plástico y afines afirma que adelantan labores de investigación y desarrollo,

siendo las empresas grandes quienes jalonan estos porcentajes, sin embargo esa investigación y desarrollo se hace con personal cuya responsabilidad directa es otra; ya que las personas directamente relacionadas con esas labores son muy pocas, el porcentaje de los trabajadores de las compañías transformadoras, y las empresas que tienen institucionalizadas secciones o áreas directamente responsabilizadas a tales labores es bajo.

De las empresas que afirman hacer Investigación y desarrollo, las relaciones con instituciones que trabajan con este departamento son muy escasas

Esta visión de corto plazo frente a la I&D se corrobora teniendo en cuenta que la función principal de los profesionales, técnicos y tecnólogos en las empresas, es directamente la producción y el mantenimiento, uno que otro entre el total de profesionales, técnicos y tecnólogos que de hecho son muy pocos, esta vinculado a actividades de I&D, es decir, la labor central de los que hay, es la de tener en funcionamiento equipos y procesos y no la innovación o implementación de cambios (estrategias nuevas como la ingeniería concurrente, la transferencia de tecnología, sistemas flexibles de manufactura, entre otras) en ellos para atender una necesidad identificada y medida del mercado por parte de la compañía para poder conseguir ante todo la satisfacción del cliente.

Es importante señalar el hecho de que la relación que las compañías establecen con la I&D no esta acompañada de un verdadero esfuerzo tecnológico que pueda vislumbrar mejores días para el sector, ese esfuerzo esta signado por el recurso humano con responsabilidades exclusivas en este tipo de labores y las relaciones establecidas con las instituciones ú entes dedicados a desarrollar I&D, bajo en ambos casos, esa baja institucionalidad de la I&D combinada con la baja institucionalización de la planeación (estratégica y táctica: de largo y corto plazo, poco más de la mitad tienen un área específica para tales labores) dificulta y disminuye las posibilidades de búsqueda y mantenimiento de nichos de mercado. Así mismo es necesario todo un trabajo mancomunado de cohesión al interior de la industria del sector plástico, ese elemento fundamental en el desempeño del futuro cercano, que involucra desarrollar espacios e interfaces cliente/productor, transformador/productor de materias primas, compañía/institución de I&D, compañía/institución de educación son incipientes en el la industria del sector del plástico y es en donde todos y cada uno de los actores de esta industria pueden aprender sobre la misma, dado el flujo y la calidad de la información generada allí mismo es en donde se puede percibir y darle a la investigación de mercados, y a la I&D el verdadero peso y papel que deben tener como actividades fundamentales en el desarrollo y subsistencia de la industria del sector del plástico.

4.2.3 Entorno Organizacional. En las compañías transformadoras del sector plásticos, se observa una vocación netamente productiva; es decir, se observan muy poco las tendencias del mercado, las nuevas necesidades, el cambio de las existentes y las posibilidades de nuevos negocios, parece, despertar muy poco interés entre las compañías. Este desinterés frente al mercado genera estancamientos tecnológicos, al producir lo mismo de siempre y atender los cambios que se dan en el sector solo después que se haya realizado en otras latitudes, o cuando empresas que si adelantan esas labores y son innovadoras logran hacerlo; provocando que las compañías del sector estén siempre rezagadas. La influencia que lo anterior tiene sobre la I&D que se hace en las compañías del sector es evidente, y el problema que esto genera en los inventarios de las empresas que desarrollan productos y mejoran procesos es fatal, tanto en producto como en materias primas y tanto por exceso como por deficiencia ya que los desarrollos que se hacen se adecuan al mercado por pasos de acierto/desacierto, costosos desde muchos puntos de vista.

La subutilización de los medios informáticos es preocupante, existen muy pocos Computadores por trabajador, la mayoría de ellos están en las áreas administrativas y en producción y en mercadeo, en investigación y desarrollo estas herramientas se encuentran en mucho menor cantidad. Estas

computadoras se emplean en un porcentaje muy bajo de su verdadero potencial, esto se demuestra por el empleo de software especializado por parte de las compañías del sector, pocas de ellas afirman y señalan usar algún tipo de software especializado.

4.3 LA INGENIERÍA CONCURRENTE EN EL SECTOR DE DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS PLÁSTICAS

La Ingeniería Concurrente parece, en principio, desarrollada para productos de cierta complejidad y manufacturados en serie. Puede abarcar a todas las fases de desarrollo durante el proyecto, fases tan generales como el desarrollo conceptual de producto, su diseño estético y de detalle, el estudio de proceso, la selección de los medios de producción y la posible distribución en planta donde éste será producido. Todas estas fases se constituyen como un producto integrado y que abordado bajo la metodología de la Ingeniería Concurrente permite alcanzar los objetivos previstos. La industria del automóvil es el paradigma típico para este tipo de productos y de metodologías de trabajo. El proceso de desarrollo de un automóvil, suele ser de larga duración (entre 3 y 5 años) y con intervención de numerosas personas, medios, técnicas y tecnologías. El desarrollo puede considerarse

bajo dos puntos de vista perfectamente diferenciados. El punto de vista del constructor, considerándolo como un concepto global, diseñado para agradar al usuario, cumplir las normativas homologaciones etc. y que está formado por numerosos componentes. El otro punto de vista es el del fabricante de esos componentes, donde cada vez más las exigencias a sus productos son mayores y que tan solo son un aparte de ese concepto global. La reducción de los tiempos de desarrollo, ligados a una reducción de los costes previstos así como una mejora de la calidad final han obligado a desarrollar técnicas y tecnologías complementarias con el fin de obtener dichos objetivos. La Ingeniería concurrente como metodología de trabajo con el apoyo de las técnicas de CAD/CAM/CAE, han revolucionado el mundo de la industria obteniendo resultados espectaculares en cuanto a plazos y calidad final del producto. Si tenemos en cuenta por ejemplo, que alrededor del 30% de las piezas que componen un automóvil están fabricadas en material plástico, obtenidas mediante procesos de inyección, extrusión, etc. , se deduce que el sector plástico es básico para la industria de automoción. Su utilización va progresivamente en aumento, aportando soluciones innovadoras en el sector de automoción, debido a las ventajas que ofrece en cuanto a peso, reciclabilidad, costos etc. El conjunto de empresas relacionadas con la fabricación de piezas de plástico se caracteriza entre otras cosas, por la necesidad de utilizar tecnologías avanzadas como es el control numérico, máquinas herramientas de 3/5 ejes, electroerosión, inspección tridimensional,

técnicas de diseño por CAD/CAE, prototipado rápido, inyectoras de altas prestaciones etc.

La utilización de todas estas tecnologías se hace en el seno de compañías con una dimensión bastante dispar. El rango va desde la compañía que se encarga de la manufactura de los moldes, generalmente de tamaño pequeño, hasta las propias compañías de constructoras o auxiliares del sector de automoción, electrónica, electrodomésticos, etc., siempre más grandes, pasando por las compañías que se encargan de la transformación de la pieza plástica, los proveedores de materias primas, y las ingenierías de producto. Todas ellas conforman el ciclo diseño - manufactura del producto (Figura 24).

Las necesidades del mercado obligan, como ya es sabido, a que cada una de estas partes se encuentren en un continuo proceso de incremento de la productividad, de reducción de costos y de elevación constante del nivel tecnológico y a la vez que incrementar la eficiencia y eficacia del trabajo en equipo que realizan todas las compañías y/o departamentos que intervienen simultáneamente en el diseño y la manufactura de un producto ya sea inyectado ó conformado por deformación, etc.

Esta mejora de la eficiencia y de la eficacia (productividad) persigue como punto principales:

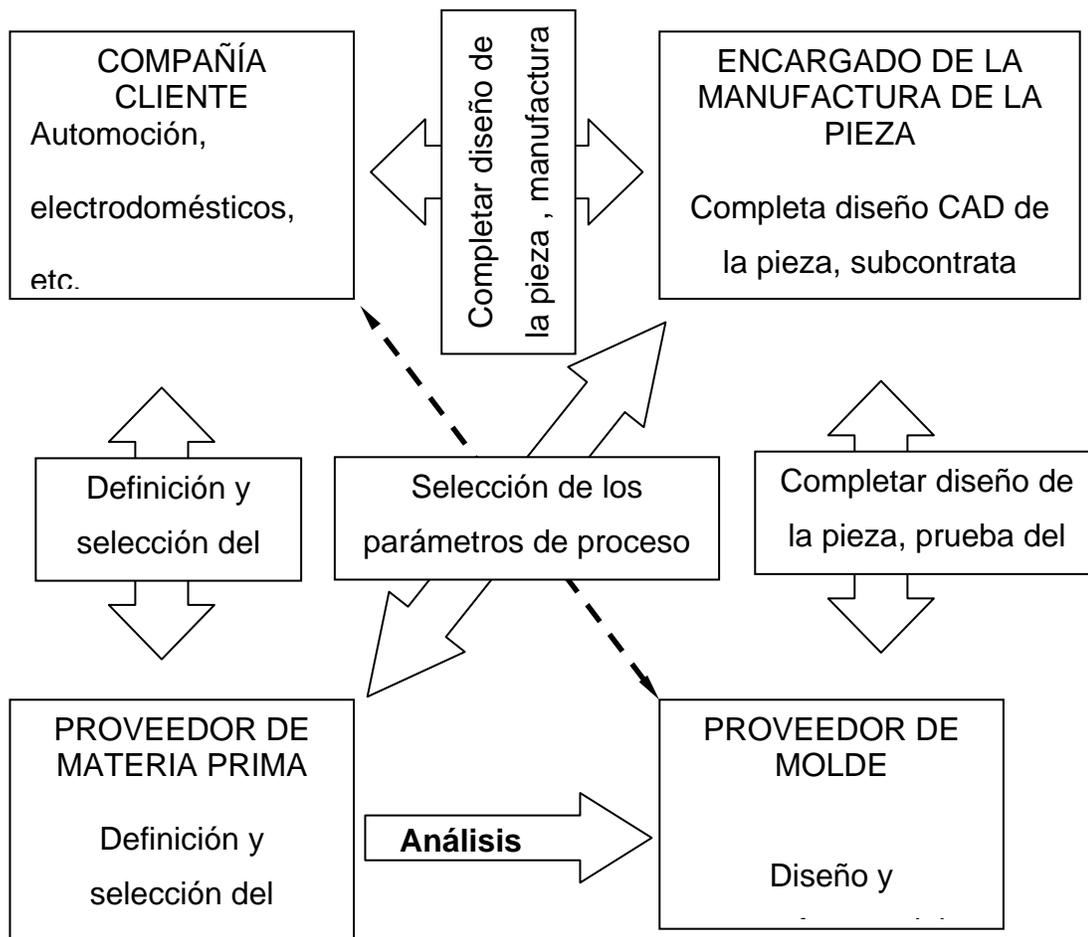


Figura 24. Ciclo productivo en la manufactura de piezas eléctricas

Reducir los tiempos de puesta en el mercado de los productos, Reducir los costos y Elevar la calidad del producto.

La productividad de este trabajo en equipo depende del nivel de conocimiento de cada uno de estos componentes, así como de las

metodologías de trabajo y de la organización de cada compañía. Por lo tanto en el trabajo simultaneo entre departamentos diferentes, la organización y calidad de aquellos que intervienen y de las herramientas tecnológicas tiene una gran importancia para conseguir los objetivos que estrategias como la Ingeniería Concurrente propone.

4.3.1 Evolución de los sistemas de diseño asistido por computadora. En relaciones normales entre compañías con poca tecnología y en las que los tiempos de respuesta y los costos deben ser reducidos, correcto intercambio de la información entre ellas y en el interior de las mismas es un aspecto fundamental.

Para las compañías situadas en el sector de diseño y manufactura de piezas plásticas esta información está relacionada con cuatro áreas fundamentales: Diseño de productos; Materiales; diseño y manufactura de moldes; y Manufactura e inspección de piezas. La integración de dicha información en una base de datos compartida (Figura 25) por los distintos departamentos constituye uno de los factores que vendría a facilitar en gran medida la aplicación de metodologías de trabajo basadas en la Ingeniería Concurrente.

Este hecho es lo que ha dado lugar a la incompatibilidad parcial entre sistemas, más acentuada conforme a la geometría utilizada en la definición de la pieza es más compleja.

En la actualidad existen ciertas normas de intercambio de información geométrica (formatos IGES, VDA, SET, etc.) que tratan de dar solución a este problema. Las causas, estriban en la diferente forma con que los diseñadores que se encargan del modelo gráfico tratan una determinada entidad y por otra parte la definición recogida en la norma correspondiente.

Además la incorporación de la norma por una determinada marca de sistemas asistidos por computadora puede ser parcial y/o sufrir un retraso notable respecto de la fecha de publicación de la misma.

Esta situación así resumida, ha dado lugar frecuentemente a que compañías del sector del plástico posean tantos sistemas asistidos por computadora distintos como clientes importantes tiene, lo que conduce a un incremento de costos, reducción en la productividad, problemas en la gestión de operaciones, etc.

Otra de las dificultades asociadas a los sistemas de diseño asistido por computadora como se menciona en el entorno organizacional del diagnóstico

anterior es el relativo a la explotación deficiente y concretamente con su facilidad de utilización y la calificación del personal que usa estas herramientas.

En el caso de la industria del plástico, esta dificultad se manifiesta específicamente en la construcción geométrica de superficies, en aspectos como la selección de las entidades geométricas más apropiadas para cada modelo, la terminación del modelo en el caso de partir de una información incompleta del mismo, el acabado completo del diseño geométrico sobre todo para su utilización en procesos posteriores de prototipos rápidos.

Debe entonces hacerse énfasis en la parte de entrenamiento del personal que se encarga de la manipulación de estos sistemas, tal como lo propone la guía de implementación de la Ingeniería Concurrente en uno de sus apartes, además de esto debe tenerse en cuenta las limitaciones y bondades que el sistema asistido por computadora ofrece. Esto hace que se alcance un rendimiento mayor en el uso de estos sistemas.

La evolución reciente de los programas de diseño asistido por computadora, además del mejoramiento continuo en cuanto al tratamiento de entidades geométricas y la comodidad de su utilización, ha incorporado el modelado paramétrico que desde el punto de vista del sector del plástico, tiene como

ventajas principales facilitar los cambios de diseño sin afectar de manera profunda al modelo geométrico general ya definido, y permitir una actualización automática de procesos definidos posteriormente basados en la geometría de la pieza.

Otro avance importante aunque de menor utilización directa son los sistemas asistido por computadora programables. Estos sistemas proporcionan los medios necesarios para realizar desarrollos particulares integrados completamente en el propio paquete.

Normalmente estos desarrollos no los realizan los usuarios directamente sino que pueden ser realizados por un tercero por pedido de aquel (personalización del paquete). Su objetivo es automatizar una parte del diseño de piezas y moldes, y por lo tanto reducir su tiempo de diseño.

En esta línea los desarrollos que se han realizado están relacionados con sistemas de ayuda basados en las reglas para el diseño de piezas considerando los criterios de manufactura y ensamble, creación de nervios estructurales, reconstrucción geométrica en la partición ó en la definición de insertos, incorporación de algunos elementos normales en el molde, etc.

Una vez realizados correctamente estos desarrollos, su utilización por parte del diseñador no presenta dificultades especiales y le permite además mejorar su rendimiento y el del equipo.

4.4 LA APLICACIÓN DE LA INGENIERIA CONCURRENTENTE

La Ingeniería Concurrente, es una estrategia de operaciones que está orientada al mejoramiento continuo en la calidad de los productos, cuya metodología de trabajo donde las diferentes actividades de ingeniería que componen el proceso de desarrollo del producto y de la producción (Diseño y manufactura como componentes principales) se encuentran integradas y se realizan principalmente de forma simultanea ó paralela (Figuras 13, 14 y 15).

4.4.1 Acciones fundamentales que fundamentan la aplicación de la Ingeniería Concurrente.

4.4.1.1 Trabajo en equipos multidisciplinarios con participación activa de representantes de los cliente y de los proveedores. Esta es la clave del proceso de aplicación de la Ingeniería Concurrente. Sin una aplicación

correcta y una infraestructura de comunicaciones por redes³ no es posible desarrollar el resto acciones adecuadamente.

4.4.1.2 Especificación de detalle del producto. Desde el punto de vista de ingeniería, a partir de los términos definidos por el cliente. El objetivo es no entregar a los clientes características que no se desean, es decir que el flujo de información sobre el producto sea de afuera (lo que el cliente quiere) hacia adentro (lo que la compañía debe ofrecerle al cliente según lo que éste quiere).

4.4.1.3 Especificación de los parámetros que permiten el mejoramiento continuo y asegurar la optimización de la calidad del producto. Al garantizar la calidad del producto desde el diseño (como fase fundamental del proceso de desarrollo del producto) la Ingeniería Concurrente encaja perfectamente con el control total de la calidad y en sí con la administración total de la calidad (TQM).

4.4.1.4 Optimización del diseño del producto. Debe tenerse presente los aspectos que afectan el ciclo de vida del producto: Funcionalidad, manufactura, ensamble, mantenimiento, servicio, reciclabilidad y disposición

³ Aunque no es del todo indispensable.

final, etc. En las fases de especificación y en especial de diseño del producto se emplea más tiempo con el fin de obtener una definición más exacta, completa y refinada que reduzca la necesidad de cambios posteriores, debe también tenerse en cuenta que aproximadamente el 70% de los costos totales del producto se fijan en la fase de diseño.

4.4.1.5 Desarrollo simultáneo del producto, Equipo y procesos de manufactura, Control de la calidad y Mercadeo. Conduce claramente a un tiempo más corto en el desarrollo de nuevos productos. La reducción varía en función del tipo de producto pero de forma general se han identificado reducciones que van del 25% al 50% en el tiempo de desarrollo del producto, y por lo tanto esto se ve reflejado en el poco tiempo requerido para que dicho producto sea lanzado al mercado (como uno de los objetivos que persigue la estrategia).

Hasta ahora, se han presentado ciertas aproximaciones a la aplicación práctica de los conceptos de Ingeniería Concurrente, estos desarrollos fundamentalmente se han llevado a cabo en torno a la conformación de los equipos de trabajo (PDT's) involucrando profesionales de diferentes disciplinas entre los diferentes departamentos de las compañías que han adoptado la estrategia, concentrándose más que todo en el área de gestión de proyectos que en los procesos de desarrollo de productos.

Por lo que una parte importante del trabajo a realizar es definir y establecer los procedimientos y las condiciones de trabajo entre estos equipos, pero manteniendo las mismas formas de trabajo en el interior de los equipos de cada compañía, reduciéndose la aplicación de la Ingeniería Concurrente como estrategia a un problema netamente de organización y de gestión.

4.4.2 El concepto de integración de actividades dentro de un ambiente concurrente. Intentar plantear dificultades como la anterior de otra manera y donde el intercambio de todo tipo de información se realice de manera ágil y eficaz, es hoy en día difícil. No obstante la distribución e intercambio de la información, como elemento que facilita la integración y en consecuencia de la adopción de nuevas metodologías de trabajo, ha sido ampliamente reconocida, habiéndose constituido en una de las áreas de mayor interés para las compañías.

El concepto de integración dentro de la Ingeniería Concurrente requiere su aplicación conjunta en tres niveles:

Nivel 1. Integración de las actividades que desarrollan diseño y manufactura del producto, lo que conlleva a una redefinición de las metodologías de trabajo tradicionales (secuenciales) en metodologías de trabajo en paralelo.

Nivel 2. Integración del soporte físico de comunicaciones, plataformas informáticas, redes (hardware) entre los departamentos en el interior de las compañías.

Nivel 3. Integración de los diferentes paquetes y aplicaciones (software) utilizados por la compañía.

Conviene señalar en este punto, que se ha dado el caso en alguna compañía donde se ha insistido en el nivel 2 de la integración, utilizando por ejemplo un sistema de transmisión de datos de alta velocidad para conectar a los miembros de un equipo de desarrollo de productos, y el resultado obtenido no fue el que se esperaba, es decir, no fue concurrente. Lo que sucedió es que no se habían renovado las metodologías de trabajo y que además de ello las personas que conformaban los equipos no sabían trabajar de manera paralela.

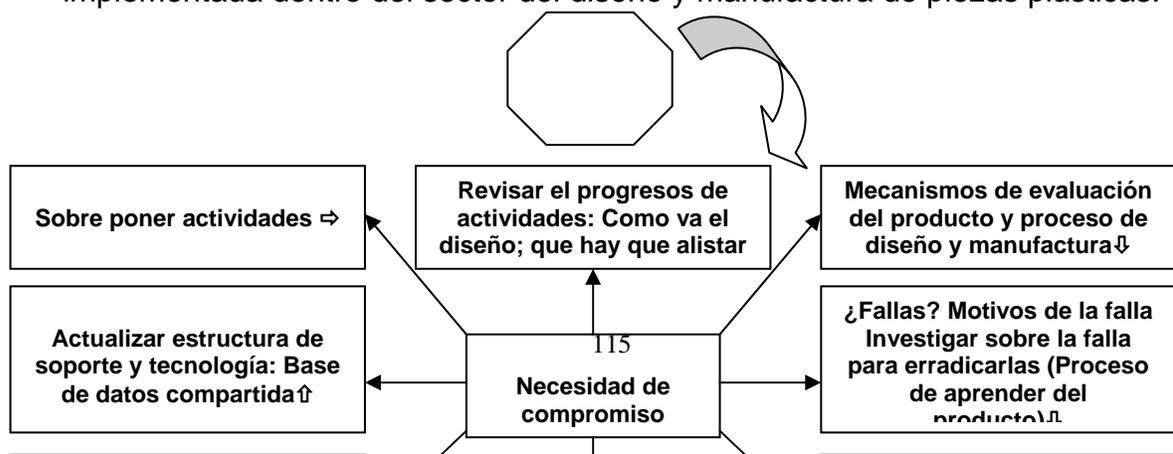
La integración e intercomunicación de los sistemas computarizados es el medio que permite desarrollar las metodologías de trabajo de la Ingeniería Concurrente. Como consecuencia del entorno heterogéneo, tanto desde el punto de vista de los equipos de trabajo como de las aplicaciones (tareas),

se impone la necesidad del uso de normas internacionales en cada uno de los niveles a fin de ser posible dicha integración.

Desde el punto de vista del usuario, esta integración se traduce en términos de accesibilidad, disponibilidad y consistencia de la información (Haciendo de la estrategia una cuestión flexible). Resulta por lo tanto evidente que la integración de la información es un factor clave en la aplicación de la Ingeniería Concurrente.

En síntesis, teniendo presente la complejidad creciente de los sistemas informáticos demandados por la industria, y la necesidad de garantizar por parte del encargado del desarrollo la integración de dichos sistemas en un entorno heterogéneo, se han desarrollado diferentes metodologías tendientes a facilitar el desarrollo de dichas aplicaciones ó la integración de las ya existentes. La idea principal es realizar una especificación precisa de la información que se deba gestionar ó intercambiar el sistema y de su forma de implementación, de manera que el tiempo de desarrollo se vea reducido y los requerimientos y necesidades del cliente satisfechos.

En la figura 26 se resume entonces la manera en que la estrategia puede ser implementada dentro del sector del diseño y manufactura de piezas plásticas.



5 CONCLUSIONES

5.1 La ingeniería concurrente básicamente es una estrategia basada en equipos de profesionales en diferentes disciplinas que requiere que el área de producción desempeñe un papel mas proactivo tanto en el área de diseño (como etapa fundamental) como en la manufactura de productos.

La Ingeniería Concurrente se ha convertido en un tema prevalente en las compañías de manufactura, las cuales se han vuelto globalmente competitivas en los últimos años. Esta llega como una estrategia de operaciones en las altas gerencias con el fin de presentar un mejoramiento continuo en el proceso de diseño de productos. La Ingeniería Concurrente ha atraído profesionales de las diferentes disciplinas (ingenieros, administradores, etc.) así como a aquellos quienes hacen las veces de proveedor y cliente, siendo considerada como la cura efectiva, potencial y milagrosa para mantener a las compañías de manufactura en una posición competitiva en el mercado global.

5.2 Para llegar a competir en un mercado global se requiere adoptar estrategias con tendencias que involucren la reducción de tiempos de

desarrollo, que respondan a las expectativas, requerimientos y necesidades del cliente y que reduzcan los costos asociados con el ciclo de vida del producto así como el mejoramiento continuo de la calidad, entre estas se encuentra la Ingeniería Concurrente.

5.3 La estrategia de la Ingeniería Concurrente básicamente es una alternativa de trabajo que genera el valor agregado al producto y que pretende ante todo la reducción de tiempos de puesta en marcha en el mercado de los nuevos productos, usando la integración de todas las actividades a desarrollar dentro de un ambiente de desarrollo de productos que relacione el diseño y la manufactura.

5.4 No existe una metodología universalmente aceptada para la implementación de la Ingeniería Concurrente. Si bien se habla ya en bastantes ocasiones de que se trabaja utilizando la Ingeniería Concurrente la realidad de experiencias, de equipos de diseño multifuncional amplios y de utilización de las distintas tecnologías y metodologías de estudio y análisis es muy escasa. Quizás solo pueda destacarse una amplia utilización del sistemas asistidos por computador (CAD, CAM, CAE, CAPP, etc.) pero en aplicaciones de ingeniería clásica.

5.5 Las necesidades crecientes del mercado requieren que la compañías desarrollen el uso de tecnologías avanzadas e implementar bases de datos del producto que integren toda la información de diseño, pruebas, manufactura, calidad, etc. que permita una fácil comunicación e intercambio de información entre los distintos departamentos.

5.6 La implementación de la Ingeniería Concurrente no es un proceso simple. Tampoco es una meta inalcanzable. El soporte gerencia/cliente puede aliviar activamente muchas de las barreras culturales que algunas veces se presentan en el camino. Es también un gran beneficio en la adquisición de nuevos negocios y en la administración de muchas de las operaciones de la compañía que la adopte. El acercamiento estructurado y disciplinado propuesto por la Ingeniería Concurrente puede conducir el camino para el alcance de los objetivos del mercado que son colocados sobre todas las compañías en el clima competitivo de hoy.

5.7 Ingeniería concurrente es una aproximación sistemática al desarrollo integrado de productos que enfatiza la respuesta a las expectativas del cliente y compone equipos con valores de compromiso, cooperación, confianza y participación de tal manera que la toma de decisiones proceda con largos intervalos de trabajo paralelo por todas las previas perspectivas

del ciclo de vida en el proceso, sincronizado comparativamente por breves intercambios para producir consenso.

5.8 Las compañías que usan la Ingeniería Concurrente son capaces de transferir tecnología a sus mercados y clientes más rápida y predeciblemente. Pueden responder de manera rápida a requerimientos especiales del cliente, introducir nuevos productos al mercado, y actualizar y mejorar la calidad de sus productos actuales.

5.9 Algunas de las ventajas potenciales: Velocidad en el desarrollo de un producto; Bajos costos en el desarrollo de un producto; Rápido tiempo de reacción y de respuesta a los cambios del mercado y los requerimientos del cliente; Alta precisión de planes de desarrollo, sus programas y presupuestos; Alta calidad sobre todo en el acabado del producto; Pocos riesgos de implementación; Habilidad de ejecutar altos niveles de complejidad de sistemas de desarrollo; Alto grado de innovación de productos y procesos; Satisfacción del cliente, la cual puede ser aumentada por los desarrollos enfocados al cliente.

5.10 La eliminación de barreras entre departamentos y la reducción de tiempos de desarrollo ofrecen oportunidades de agregar valor al producto, como consecuencia del tiempo bien invertido en dichas actividades.

5.11 La esencia de la Ingeniería Concurrente es la integración, la cual puede ser alcanzada de dos maneras: integración a través de cambios funcionales en la organización, o la Integración a través del intercambio computarizado de la información.

BIBLIOGRAFIA

CHASE, Richard B. y AQUILANO, Nicholas J. Dirección y administración de la producción y de las operaciones, Winnigton, 1992, Adison – Wesley, EE.UU.

CLETUS K. J. Definition of Concurrent Engineering. En: CERC Technical Report Series: Research note 92-003, (1992), Morgantown, West Virginia University Concurrent Engineering Research Center, EE.UU.

COLOMBIA. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Estudio de caracterización de la cadena petroquímica, plásticos, caucho y fibras sintéticas. Noviembre 1999.

HAYES, R. H., WHEELWRIGHT and CLARK, K. B. Dynamic Manufacturing, New York: Free Press, 1998.

HONG C. Zhang and DAGUANG, Zhang. Concurrent Engineering: An overview from Manufacturing Engineering perspectives. En: Concurrent Engineering: Research & Applications: Vol. 3, No. 3, (Sep 1995); P. 221- 233.

IZUCHUKWU, Jhon. Architecture and Process: the role of integrated systems in Concurrent Engineering Introduction, En: Industrial Management (Mar/Apr 1992), P. 19-23

JAGANNATHAN V. Computer Support for Concurrent Engineering: Four Strategic Initiatives, En: Concurrent Engineering: Issues, Technology and Practice, Vol. 1, No. 5, (Sept./Oct. 1991), P. 14-30.

MAHENDRA S. Hundal. Sistematic mechanical design: A cost and management perspective, New York, 1997, ASME press, EE.UU.

NOORI, Hamid y RADFORD, Rusell. Administración de operaciones y producción. Calidad total y respuesta sensible rápida, Bogotá, 1997, McGraw-Hill, Colombia.

SCHONBERGER, Richard J. Manufactura de categoría mundial. Aplicación de las últimas técnicas para optimizar la producción, Bogotá, 1994, Norma, Colombia.

SIGLAS

CAD: (Computer Aided Design), Diseño Asistido por Computador

CAE: (Computer Aided Engineering), Ingeniería Asistida por Computador

CAM: (Computer Aided Manufacturing), Manufactura Asistida por Computador

CAPP: (Computer Aided Process Planning), Planeación de Procesos Asistida por Computador

CIM: (Computer Integrated Manufacturing), Manufactura Integrada por Computador

DFMA: (Design For Manufacturing and Assembly), Diseño Para la Manufactura y Ensamble

DFX: (Design For X), Diseño para X, donde X puede ser Manufactura, Ensamble, Calidad o Mantenimiento

FEA: (Finite Element Analysis), Análisis de Elementos Finitos

FMEA: (Failure Mode and Effect Analysis), Organización de la Función de
Calidad

GT: (Group Technology), Tecnología de Grupo

IC: Ingeniería Concurrente

IDA: (Institute for Defense Analysis), Instituto de Análisis para la Defensa
EE.UU.

I&D: Investigación y Desarrollo

JIT: (Just In Time), Justo a Tiempo

LAN: (Local Area Network), Redes de Area Local

MRP II: (Manufacturing Resources Planning), Planeación de Recursos de
Manufactura

PDT's: (Product Development Teams), Equipos de desarrollo de productos

PRP: Proceso de Realización del Producto

QFD: (Quality Function Deployment), Organización de la Función de Calidad