

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION DE
INGENIERIA CONCURRENTENTE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS DE MANUFACTURA

JOSE LUIS DE LEON PEÑA

MAYO DE 1999

7677 1

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



**METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION DE INGENIERIA
CONCURRENTE**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS DE MANUFACTURA**

JOSE LUIS DE LEON PEÑA

MAYO DE 1999

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION DE INGENIERIA CONCURRENTE

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS DE MANUFACTURA**

JOSE LUIS DE LEON PEÑA

MAYO DE 1999

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme dado la oportunidad de alcanzar los éxitos de mi vida, por haberme apoyado siempre, por ser mi fortaleza.

A mis padres:

José Luis de León González y Patricia Peña de De León, por su gran amor con que me han educado como hijo y ser humano.

A mi hermano:

Marcos de León Peña, por brindarme su apoyo, consejos y amistad.

A mi novia:

Josabeth Hinojosa López, por su amor y por darme la felicidad necesaria para querer ser siempre alguien mejor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Dr. Ahmed Al-Ashaab por darme su apoyo incondicional, por haberme ayudado a aprender y a madurar y por ser uno de mis más grandes amigos.

A mis profesores, quien conscientemente formaron en sus alumnos y especialmente en mi, una persona mejor preparada.

A mis compañeros y amigos que me brindaron gratos momentos y un gran apoyo durante mis estudios.

INDICE

Agradecimientos	i
Dedicatoria	ii
Indice	iii
Indice de figuras	iiii
<u>Capítulo 1. Antecedentes</u>	1
1.1 Introducción	1
1.2 Definición del problema en el que la tesis se enfoca	1
1.3 Justificación de la tesis	2
1.4 Propósito de la tesis	4
1.5 Objetivo de la tesis	5
1.6 Organización de la tesis	6
<u>Capítulo 2. Introducción a la Ingeniería Concurrente</u>	8
2.1 Introducción	8
2.2 La realidad del mercado	8
2.3 Definición de Ingeniería Concurrente	12
2.4 La estructura de la Ingeniería Concurrente	15
2.4.1 El aspecto organizacional de la Ingeniería Concurrente	16
2.4.1.1 La empresa extendida	17
2.4.1.2 Modelado de actividades del ciclo de vida del producto	18
2.4.1.3 Los diferentes tipos de equipos multidisciplinarios	19
2.4.1.4 Los enfoques de apoyo	25
2.4.2 Características de los miembros del equipo (Recursos Humanos)	26
2.4.3 La información del ciclo de vida del producto	27
2.4.3.1 Tecnologías de Datos del Producto	28
2.4.3.2 Información de los procesos de manufactura	29
2.4.4 La tecnología en aplicaciones de Ingeniería Concurrente	30
2.5 Beneficios de la Ingeniería Concurrente	31
2.6 Lecciones aprendidas en la industria mexicana	33
2.7 Comentarios finales	37
<u>Capítulo 3. Revisión y Clasificación de Metodologías de Implementación de Ingeniería Concurrente</u>	39
3.1 Introducción	39
3.2 Clasificación de metodologías	39
3.3 Metodologías del grupo A: Generales	40
3.3.1 ESPRIT project	40
3.3.2 Metodología para la Integración del Desarrollo del Producto	43
3.4 Metodologías del grupo B: Selección y desempeño del Equipo de trabajo	45
3.4.1 GE Lighting Ltd.	45
3.4.2 Planeación para la Ingeniería Concurrente	49
3.4.3 FAST CE – Usando la Ingeniería Concurrente para un mejor desarrollo del producto	54

3.5 Metodologías del grupo C: Respaldo tecnológico	56
3.5.1 Integrando la manufactura y el diseño	56
3.6 Metodologías del grupo D: Desarrolladas por compañías internacionales	58
3.7 Otros casos	59
3.8 Comentarios finales	60
Capítulo 4. Metodología de Implementación de IC	62
4.1 Introducción	62
4.2 Metodología de Implementación	62
4.3 Etapa de Introducción a la Ingeniería Concurrente	65
4.4 Diagnóstico de la situación actual del Ciclo de Vida del Producto	68
4.4.1 Recolección de datos de la práctica actual del Desarrollo del Producto	70
4.4.2 Representación formal del CVP	72
4.4.3 Evaluación de la práctica actual del CVP	75
4.4.4 Análisis de los datos	82
4.4.4.1 Análisis de los datos con base al IDEF0	83
4.4.4.2 Análisis de los datos con base en la Evaluación del Desempeño	87
4.5 Planeación para la Ingeniería Concurrente	89
4.6 Ejecución y evaluación del proyecto piloto	97
4.7 Expansión de la Ingeniería Concurrente	99
4.8 Comentarios finales	101
Capítulo 5. Consideraciones del Equipo de IC y de la Tecnología de apoyo al desarrollo del producto	102
5.1 Introducción	102
5.2 Consideraciones del equipo de Ingeniería Concurrente	102
5.2.1 Líder del equipo	103
5.2.2 Comité directivo	105
5.2.3 Gerentes funcionales	106
5.2.4 Miembros del equipo de Ingeniería Concurrente	107
5.2.5 Equipo de Ingeniería Concurrente y equipo de apoyo	108
5.2.6 El campeón de la Ingeniería Concurrente (CE Champion)	110
5.2.7 Requerimientos de ubicación	112
5.2.8 Mejores prácticas de un proyecto de Ingeniería Concurrente	112
5.3 Selección de la tecnología para apoyar el desarrollo del producto	114
5.4 Comentarios finales	116
Capítulo 6. Discusión y Conclusiones	117
6.1 Introducción	117
6.2 Discusión de la metodología	117
6.3 Conclusiones	120
6.5 Recomendaciones para trabajos futuros	121
Anexo 1. Herramientas de apoyo a la Ingeniería Concurrente	123
A1.1 FMEA: Análisis de modos y efectos de fallas	123
A1.2 DFMA: Diseño para manufactura y ensamble	125

A1.3 DFC: Diseño para costeabilidad	126
A1.4 DFX: Diseño para X	127
A1.5 Prototipo rápido	129
A1.6 QFD	130
A1.7 Otras herramientas	133
Anexo 2. Técnica IDEF0 para el modelado de empresas	134
Anexo 3. Estándares para el intercambio de datos	138
Anexo 4. Herramienta de evaluación	141
Anexo 5. Temario del seminario de Ingeniería Concurrente utilizado por el CERG-IM en la etapa de Introducción	145
Glosario	148
Bibliografía.	149

Índice de Figuras

Figura 1-1. Etapas para la implementación de la IC	5
Figura 2-1. Actividades del Ciclo de Vida del Producto	9
Figura 2-2. Fenómeno de "Comunicación sobre la pared"	10
Figura 2-3. Elementos importantes en la definición de IC	13
Figura 2-4. Equipo Multifuncional aplicado al Desarrollo del Producto	14
Figura 2-5. Estructura de la Ingeniería Concurrente	16
Figura 2-6. Empresa Extendida	17
Figura 2-7. Estructura Funcional de Equipo	20
Figura 2-8. Estructura Lighthweight de Equipo	20
Figura 2-9. Estructura Heavyweight de Equipo	21
Figura 2-10. Estructura Autónoma de Equipo	22
Figura 2-11. Estructura Co-ubicada de Equipo	23
Figura 2-12. Estructura Virtual de Equipo	24
Figura 2-13. Equipo de Ingeniería Concurrente	25
Figura 2-14. Problema de comunicación entre proveedor y OEM	30
Figura 2-15. Papel del Modelo de Manufactura en la integración de proveedores y OEM	31
Figura 2-16. Beneficios de la implementación de IC	32
Figura 3-1. Pasos más comunes en la implementación de la IC	41
Figura 3-2. Problemas durante la implementación de IC	42
Figura 3-3. Componentes del Desarrollo Integrado del Producto (PD3)	44
Figura 3-4. Información utilizada por el equipo multidisciplinario de trabajo	46

Figura 3-5. Infraestructura y tecnología para apoyar la IC a largas distancias	47
Figura 3-6. Algunas características del grupo multidisciplinario	48
Figura 3-7. Criterios de evaluación de productos	51
Figura 3-8. Herramienta de Evaluación	52
Figura 3-9. Modelo moderado tipo B de Ingeniería Concurrente	53
Figura 3-10. Usando la IC para un mejor desarrollo del producto	55
Figura 4-1. Metodología para implementar la IC en la industria mexicana	64
Figura 4-2. Etapa de Introducción a la Ingeniería Concurrente	66
Figura 4-3. Etapa de Diagnóstico del Desarrollo del Producto	70
Figura 4-4. Ejemplo de representación formal del Desarrollo del Producto	73
Figura 4-5. Práctica del Desarrollo del Producto apoyada por un equipo multidisciplinario	75
Figura 4-6. Representación gráfica de la Herramienta de Evaluación	81
Figura 4-7. Ejemplo de actividades que pueden realizarse en paralelo	84
Figura 4-8. Ejemplo de requerimientos de tecnología	86
Figura 4-9. Tres casos de aplicación de la Herramienta de Evaluación	88
Figura 4-10. Etapa de Planeación para la Ingeniería Concurrente	90
Figura 4-11. Ejemplo general de un plan de trabajo para el Proyecto Piloto	93
Figura 4-12. Ejecución y Evaluación del Proyecto Piloto	98
Figura 4-13. Etapa de Expansión de la Ingeniería Concurrente	100
Figura 5-1. Equipo de IC y personas que apoyan su operación	103
Figura 5-2. Diagrama de flujo para la selección de herramientas	115
Figura A1-1. Estructura general del QFD	131
Figura A2-1. Elementos del modelo IDEF0	135
Figura A2-2. Ejemplo de un diagrama IDEF0	136
Figura A3-1. Colaboración internacional para el desarrollo del ISO STEP 10303	140
Figura A4-1. Representación gráfica de la herramienta de evaluación	144

Capítulo 1. Introducción

1.1 INTRODUCCION

El presente capítulo abarca la razón de la presente investigación definiendo el problema al que está enfocada, la necesidad de la investigación, así como sus propósitos y objetivos. Asimismo se incluye una breve descripción de la organización de los capítulos en los que esta tesis es presentada.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA EN EL QUE LA TESIS SE ENFOCA

El mercado actual es cada vez más riguroso en sus exigencias. Para satisfacerlas las empresas compiten en ofrecer un producto de alta calidad (en términos de satisfacción total del cliente), a bajos costos y en tiempos de entrega cada vez menores. Las empresas lidian con estos problemas día con día y necesitan mejorar cada vez más los métodos que utilizan para considerar en su producto la calidad, el costo y el tiempo. Sin embargo, la práctica de las empresas no le favorece para alcanzar resultados competitivos en estos aspectos dada su visión secuencial de los procesos y la manera en cómo la comunicación y la información son manejadas.

La Ingeniería Concurrente es una filosofía que ha demostrado funcionar alrededor del mundo [Al-Ashaab et. al. 1999], [Syan 94], [Winner 1999] y que permite a una organización determinada el considerar desde la importante etapa del diseño todos los

aspectos del ciclo de vida del producto a través del trabajo de equipos multifuncionales; sienta las bases para un manejo óptimo de la información y el conocimiento con valores de confianza y responsabilidad para compartirlos y permite trabajar todas las actividades del ciclo de vida del producto en paralelo, es decir empezar una función antes de que la anterior esté terminada al 100%. La filosofía descrita permite reducir tiempos, costos y aumentar la calidad de los productos. Esta filosofía presenta un estilo de vida de las empresas que el autor considera escasa en la industria. Un estilo de vida generalmente mal entendido y aplicado o aún desconocido en su totalidad. La empresa mexicana necesita una alternativa completa para responder adecuada y competitivamente a las necesidades del mercado y requiere opciones que le ayuden a lograrlo, una de ellas es sin duda la Ingeniería Concurrente.

1.3 JUSTIFICACION DE LA TESIS

Este trabajo es necesario por tres razones:

- 1) Una gran cantidad de empresas como las que se citarán en este trabajo todavía tienen el pensamiento: “Nosotros tenemos que hacer lo que nos pide el departamento de Ingeniería (Diseño)” cita textual de un ingeniero de manufactura de una empresa en Monterrey. En México es muy común la comunicación sobre la pared en la que un departamento le dice al siguiente en el ciclo de vida del producto: “Ahí está mi parte, hazle como puedas”. Esto representa pérdidas de tiempo en discusiones, acuerdos y retroalimentaciones; mandar a producir artículos que están fuera de las capacidades

de la empresa; tomar consideraciones que no son las adecuadas para reducir los costos del producto y hasta fabricar productos que no son ni siquiera los que el cliente necesita. El presente trabajo ofrece una alternativa para reducir estos problemas pues el solucionarlos es la especialidad de la Ingeniería Concurrente cuya efectividad ya ha sido probada alrededor del mundo [Ahmed 1994]. La tesis se basa en trabajo con la industria mexicana para desarrollar una metodología aplicable en cualquier industria donde existan oportunidades de mejora con su desarrollo del producto.

- 2) Algunas empresas sin conocer la Ingeniería Concurrente poseen formas de trabajo personalizadas que tienen bases de esta filosofía [CERG-IM]. Otra empresa analizada trabaja bajo un sistema llamado Integral Development System (IDS) el cual consiste básicamente en trabajar en equipos multidisciplinarios. Sin embargo las empresas con capital extranjero reciben estos sistemas del extranjero e intentan “adoptarlos” (se usa así como está) en vez de “adaptarlos” (se modifica según las necesidades de la empresa) a su situación particular. El principal problema con el IDS es que la empresa no consigue que la gente se reúna y trabaje adecuadamente. Esta tesis presenta un método para que la empresa mexicana se conozca a sí misma y se prepare para trabajar de este modo, pues la Ingeniería Concurrente no es un software, ni una tecnología (como se cree en algunas ocasiones) sino es una filosofía que cada compañía debe desarrollar con base a sus características y necesidades. Aún así la Ingeniería Concurrente posee un respaldo tecnológico y de herramientas que también se menciona en este trabajo, pero antes de la aplicación está la estrategia.

3) Existen varias metodologías para implementar Ingeniería Concurrente algunas de las cuales han sido publicadas y de las cuales el autor menciona un número de ellas en el presente trabajo. Sin embargo estas metodologías o son muy generales o se enfocan principalmente en la selección del equipo de trabajo o más aún generalmente se encuentran metodologías que sólo contemplan el respaldo tecnológico (QFD, DFM, DFA, CAD/CAM/CAE) y son llamadas metodologías de implementación de Ingeniería Concurrente [SME90] [López 92]. Todas estas metodologías son útiles pero no hacen énfasis en la planeación, en lo que es necesario tener antes de empezar. Los pasos que se tienen que seguir para introducir, planear e implementar la Ingeniería Concurrente se muestran en la figura 1-1 [CERG-IM] y considera las etapas de: Introducción, Estudio, Planeación, Proyecto Piloto, Evaluación y Expansión. La presente tesis se enfoca en estas etapas para la elaboración de una metodología para introducir, planear e implementar la Ingeniería Concurrente considerando las prácticas de la industria mexicana en el desarrollo de sus productos. Este es el trabajo del autor, una metodología que abarque los puntos de la figura 1-1 y desarrollada en base a la industria mexicana y con aplicación en cualquier empresa para mejorar su desarrollo del producto.

1.4 PROPOSITO DE LA TESIS

El propósito de este trabajo es el presentar un método para que una empresa con problemas en su desarrollo del producto conozca y empiece a aplicar la Ingeniería Concurrente (IC) a través de: a) el conocimiento de las bases de la IC, sus métodos y

técnicas y b) la realización de un estudio de diagnóstico para conocer las áreas clave que deberá considerar para la aplicación de la IC y que servirán para la planeación del proyecto piloto.

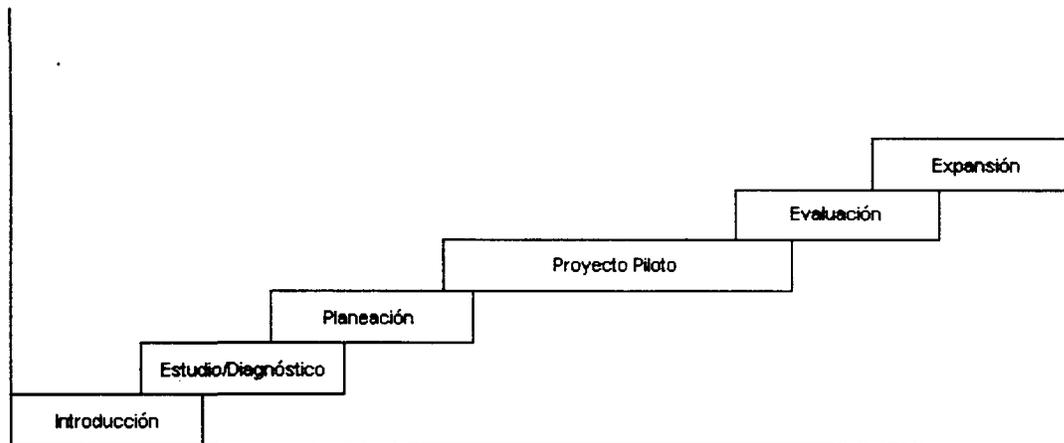


Figura 1-1. Etapas para la Implementación de IC. (CERG-IM)

1.5 OBJETIVO DE LA TESIS

Desarrollar una metodología que pueda ser de utilidad para que las empresas mexicanas puedan conocer, planear e implementar la IC considerando diferentes aspectos clave para hacerlo como organización, información, tecnología y recursos humanos. Con esta metodología se pretende mejorar el proceso de desarrollo del producto ofreciendo productos de mayor calidad en menor tiempo y menores costos, logrando con esto una mayor ventaja competitiva como el autor apreció en su experiencia con la Ingeniería Concurrente y como se muestra en la presente tesis.

1.6 ORGANIZACION DE LA TESIS

El primer capítulo de la tesis muestra la introducción y panorama general del presente trabajo, incluyendo el propósito y el objetivo del mismo así como el problema por el cual surge la tesis y las necesidades específicas a las que se enfoca.

El segundo capítulo describe la realidad del mercado actual, la relación entre sus demandas y la Ingeniería Concurrente (IC) así como la definición de la IC, la descripción de su estructura y sus principales elementos con base en el trabajo del Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (CERG-IM *Concurrent Engineering Research Group – Itesm campus Monterrey*) del cual el autor forma parte, y por último se incluyen algunos de los beneficios que ha logrado en distintas organizaciones alrededor del mundo y algunas lecciones aprendidas en la experiencia del autor.

El tercer capítulo muestra una revisión en el estado del arte en metodologías de implementación de IC, así como un análisis comparativo entre las distintas metodologías presentadas haciendo distinción de cuatro diferentes clasificaciones: Las generales que no profundizan en las etapas a seguir para la implementación de la IC; las que se enfocan principalmente en la selección y desempeño del equipo de trabajo; las que sólo contemplan el respaldo tecnológico (QFD, DFM, DFA, CAD/CAM/CAE, etc.) y son llamadas metodologías de implementación de Ingeniería Concurrente; las metodologías

desarrolladas por compañías internacionales para su implementación en la misma compañía, grupo u organización.

El cuarto capítulo presenta la metodología propuesta con base a trabajo realizado con la industria mexicana y a la experiencia del autor en CERG-IM y el apoyo del mismo grupo. Para la metodología la experiencia del autor se basa en el trabajo con cuatro empresas, una dedicada a la fabricación de moldes para la industria automotriz, otra dedicada al ensamble de aparatos telefónicos, una tercera dedicada al diseño y fabricación de aires acondicionados y una última dedicada a la fabricación de productos para la industria de la construcción. La metodología hace énfasis en una etapa de diagnóstico y en una etapa de planeación. En la etapa de diagnóstico se presenta una herramienta de evaluación que ha sido bien recibida en tres aplicaciones en la industria mexicana.

El capítulo quinto presenta algunas consideraciones para la selección y operación del equipo multidisciplinario de trabajo y consideraciones sobre los requerimientos de tecnología. Estas consideraciones se incluyen como un apoyo para la etapa de planeación para proyectos de IC.

El capítulo sexto incluye una parte de discusión sobre la metodología propuesta así como las recomendaciones para trabajos futuros con base en esta tesis y las conclusiones de la misma.

Capítulo 2. Introducción a la Ingeniería Concurrente

2.1 INTRODUCCION

Este capítulo presenta la necesidad de entender la Ingeniería Concurrente explicando la tendencia en las necesidades del mercado hacia el ofrecimiento de un producto cada vez mejor en todo aspecto de tal manera que satisfaga totalmente al cliente. Asimismo se define el término Ingeniería Concurrente y se explican sus principales elementos en relación con la Estructura de la Ingeniería Concurrente. El capítulo finaliza mostrando algunos de los beneficios que la Ingeniería Concurrente ha alcanzado en varias empresas alrededor del mundo.

2.2 LA REALIDAD DEL MERCADO

Las compañías que se encuentran compitiendo en el mercado actual, a nivel nacional o dentro ya de la competencia mundial, poseen estrategias que les marcan el camino a seguir para no solamente sobrevivir en este mercado, sino para crecer, permanecer y dominar en el ambiente competitivo que impera globalmente.

El corazón de la empresa se encuentra en sus productos por tanto sus estrategias deben de contener un enfoque hacia el cliente si desea alcanzar una posición competitiva en el mercado. Este producto debe asimismo ser manufacturable y de fácil manejo y colocación en el mercado. Gran parte de esto se determina en el diseño. Pero la

utilización de procesos y materiales adecuados en la producción de ese diseño también es clave. Por tanto la integración de las actividades del ciclo de vida del producto es lo que se necesita para producir un artículo de calidad (satisfaciendo las necesidades y las expectativas del cliente). Entiéndase por ciclo de vida del producto todas las actividades por las que el producto pasa desde su concepción hasta su desecho o reutilización como muestra la figura 2-1.

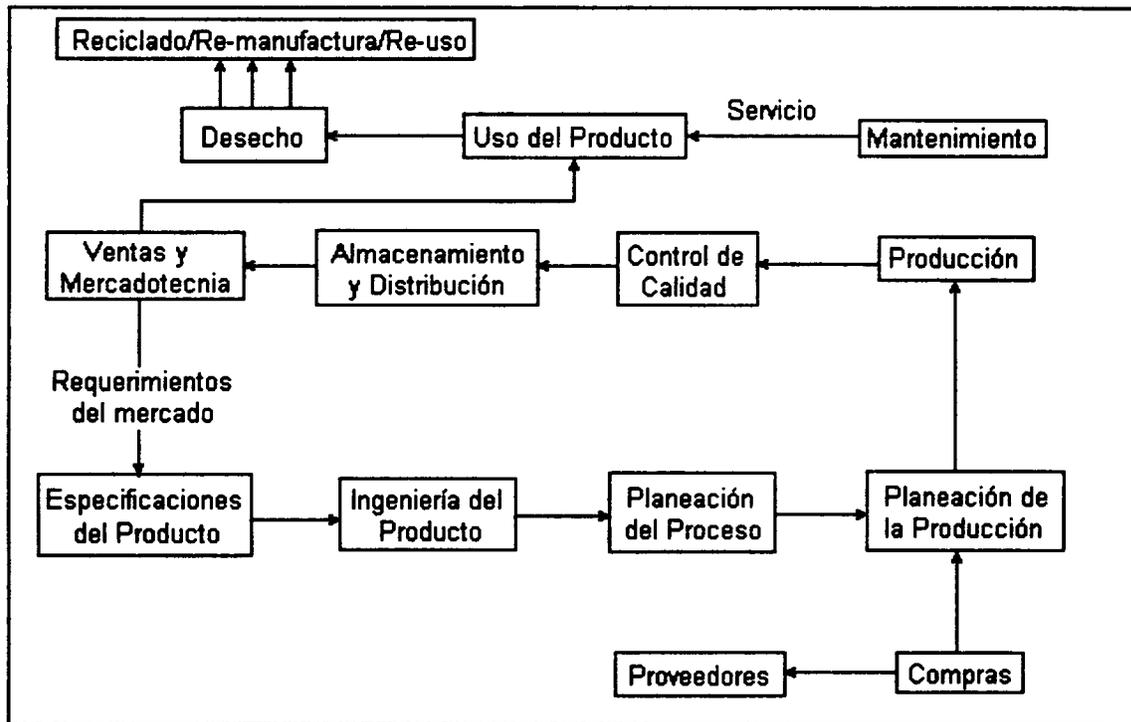


Figura 2-1. Actividades del Ciclo de Vida del Producto [CERG-IM]

El ciclo de vida del producto incluye las etapas de Mercadotecnia, Diseño/Ingeniería del Producto, Planeación del Proceso, Manufactura, Ensamble, Ventas hasta el Desecho, Re-uso o Re-manufactura del mismo. Este ciclo de vida del producto también es llamado como Proceso de Desarrollo del Producto o desarrollo del producto aunque este segundo

término es más bien el verbo del primero, es decir la dinámica del ciclo de vida del producto [CERG-IM].

Pero la manera actual en como generalmente las empresas ven a estos procesos o actividades es de manera secuencial tanto para su ejecución como para su planeación. Es común encontrar lugares en donde se practica la “Comunicación sobre la Pared” [SMIC 1999], es decir en donde una actividad realiza su trabajo sin tomar en consideración las necesidades de las siguientes, y en donde la retroalimentación abunda generando desperdicios de materiales y principalmente de tiempo que más tarde se traducen en costos impidiendo el cumplimiento de planes y estrategias de proyectos específicos y de toda la organización. Este fenómeno se visualiza en la figura 2-2.

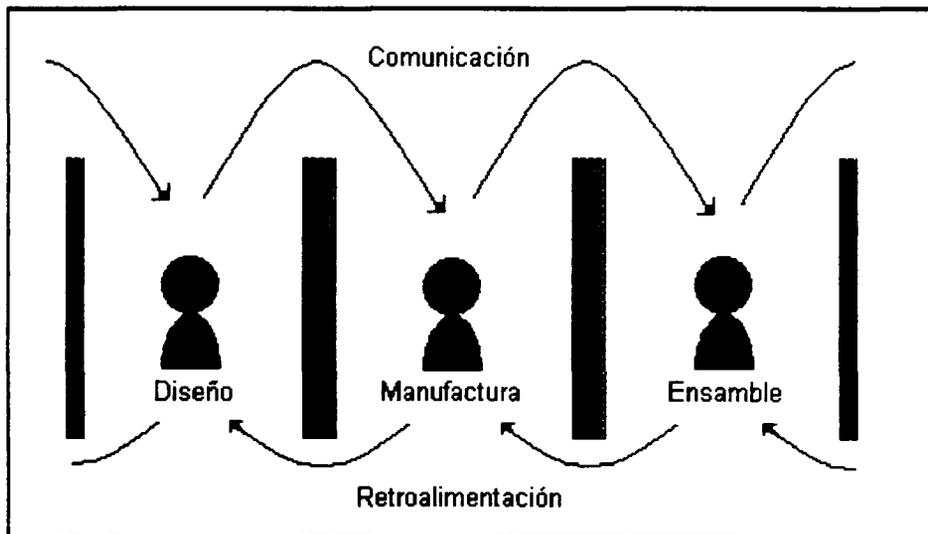


Figura 2-2. Fenómeno de "Comunicación sobre la pared"

Este fenómeno empieza desde el diseño de productos en las empresas. El diseño comúnmente se realiza sin consultar las necesidades y capacidades reales de las siguientes actividades. ¿Y qué tan importante es el diseño? Suficiente respuesta es el conocer que el diseño impacta hasta en un 80% el costo, en 80% la calidad y en 80% el desempeño del producto [Owen 1996] pues ahí se determinan los materiales, procesos, geometrías, tolerancias y demás consideraciones del producto.

Entiéndase esto con un ejemplo en la industria mexicana: El departamento de Diseño de una empresa termina su trabajo sobre un nuevo proyecto, y lo pasa a Ingeniería de Manufactura o Planeación del Proceso que, después de revisarlo, envía retroalimentación a Diseño en la cual le manifiesta algunas observaciones acerca de materiales, equipo y capacidades necesarios para manufacturar el producto que no habían sido considerados; Diseño realiza cambios en el artículo y el ciclo se repite varias veces hasta que el proceso está refinado, e Ingeniería de Manufactura (o Planeación del Proceso) ya no tiene problemas con este diseño. Pero el siguiente departamento, Producción, es el que continúa con los problemas en el diseño y provoca cambios en el mismo, desajustando la información y aumentando el tiempo y el costo a medida que la información se transmite de esta forma entre los diversos departamentos.

El cliente no está interesado en los problemas de las compañías, él sólo quiere el producto que lo satisfaga a un precio cada vez más bajo y a un tiempo cada vez menor. Estas son las características que debe poseer el producto para satisfacer totalmente al cliente. En estas características se enfoca la Ingeniería Concurrente, como se muestra a continuación.

2.3 DEFINICIÓN DE INGENIERIA CONCURRENTE

Existen varias definiciones de Ingeniería Concurrente algunas de las cuales se muestran a continuación:

- Ingeniería Concurrente es una filosofía en la que todas las actividades del ciclo de vida del producto (CVP) son concurrentemente consideradas desde la etapa de diseño. Esto es posible a través de un equipo multidisciplinario compuesto por expertos del CVP con el objetivo de identificar y prevenir problemas en las fases subsecuentes del CVP. Esto conlleva a un incremento de la calidad y una disminución de los tiempos y costos de desarrollo. [SMIC 1999].
- Es un enfoque integrado del desarrollo del producto que pone énfasis en las expectativas del cliente por medio de la producción de productos de alta calidad, con mayor rapidez y menor costo. Apoya los valores de trabajo multidisciplinario en equipo como son la cooperación, la confianza, el compartir y el intercambiar los conocimientos y la información, de tal manera que la toma de decisiones proceda con énfasis en la consideración simultánea, durante la etapa del diseño, de todos los aspectos del ciclo de vida del producto. [SMIC 1 1997].

Esta definición se basa en el material usado por el CERG-IM [Molina et. al. 99] y es en la que el autor basa la presente tesis: *Es una filosofía hacia la integración del desarrollo del*

producto con base en un enfoque total al cliente para satisfacer sus requerimientos con un producto de mayor calidad, a menor costo y en menor tiempo. Apoya los valores de cooperación y confianza a través del trabajo de un equipo multidisciplinario en el cual se comparte la información y conocimientos de todo el desarrollo del producto de la empresa, se considera simultáneamente a todas las actividades del ciclo de vida del producto y se es responsable a lo largo de todo el desarrollo de producto. Estos puntos pueden verse resumidos en la figura 2-3.

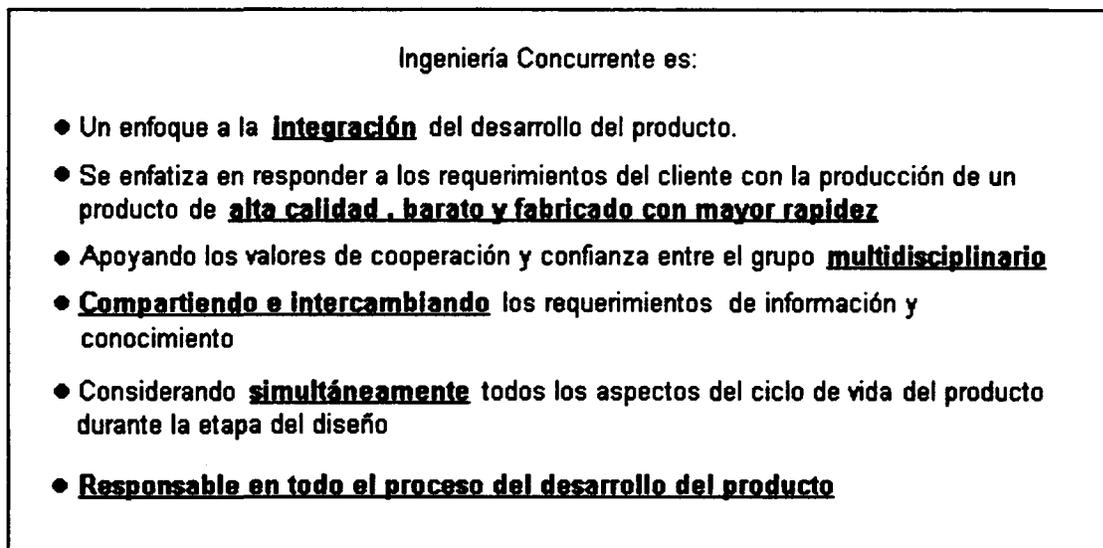


Figura 2-3. Elementos importantes en la definición de IC. [CERG-IM]

La IC consiste en trabajar considerando simultáneamente las actividades del ciclo de vida del producto (CVP) formando un equipo de trabajo multidisciplinario, esto es un equipo con expertos en todas las etapas del ciclo de vida del producto, de manera que se participe desde el diseño del producto y hasta su actividad final para considerar los aspectos de todas sus etapas, logrando así reducir la retroalimentación entre las diferentes

fases del desarrollo del producto y por consiguiente ver incrementada la calidad y reducidos el tiempo y costo de producción necesarios. Un ejemplo de este tipo de equipos se puede apreciar en la Figura 2-4 en el que diferentes integrantes de las diferentes etapas del CVP llegan a acuerdos sobre las mejores decisiones para el desarrollo de un producto.

Esto aumenta la competitividad de las compañías porque el tiempo de vida de los productos en el mercado se vuelve más corto y los clientes requieren que cada nuevo producto incluya características cada vez más aceptables. El enfoque de la IC permite también al manufacturero evitar los métodos de producción caros y complicados, dando así más flexibilidad a los precios de venta. [SMIC 1 1997].

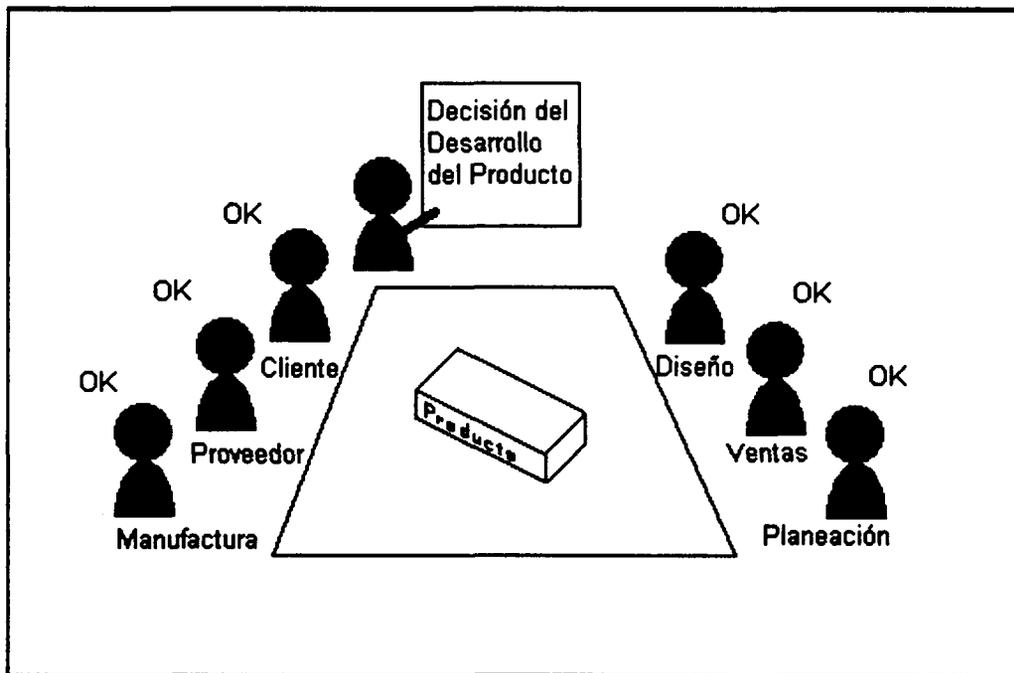


Figura 2-4. Equipo Multifuncional aplicado al Desarrollo del Producto

La IC es una filosofía no una herramienta ni una técnica. Es una manera de pensar y actuar que requiere participación y apoyo primeramente de la administración de la empresa. Para lograr un mayor entendimiento de la filosofía y de los elementos de la IC, el Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (CERG-IM) ha desarrollado una estructura que se explica a continuación.

2.4 LA ESTRUCTURA DE LA INGENIERIA CONCURRENTE

Para presentar e implementar la IC las compañías mexicanas requieren una manera fácil de entenderla y de planear para su implementación (compañías mexicanas porque la tesis se desarrolla con base en experiencia con las mismas, con uso potencial en cualquier compañía). El autor y el CERG-IM han desarrollado una estructura de la IC como apoyo a la industria en esta necesidad. Esta estructura es un círculo dividido en cuatro secciones: organización, información, recursos humanos y tecnología. Cada sección contiene varios aspectos que necesitan entenderse para que la compañía posea el conocimiento e información requeridos sobre la IC. La figura 2-5 ilustra la estructura de la IC con sus cuatro elementos. Una explicación detallada se presenta en las secciones siguientes con base en un artículo reciente del CERG-IM [Al-Ashaab et.al. 1999].

575103

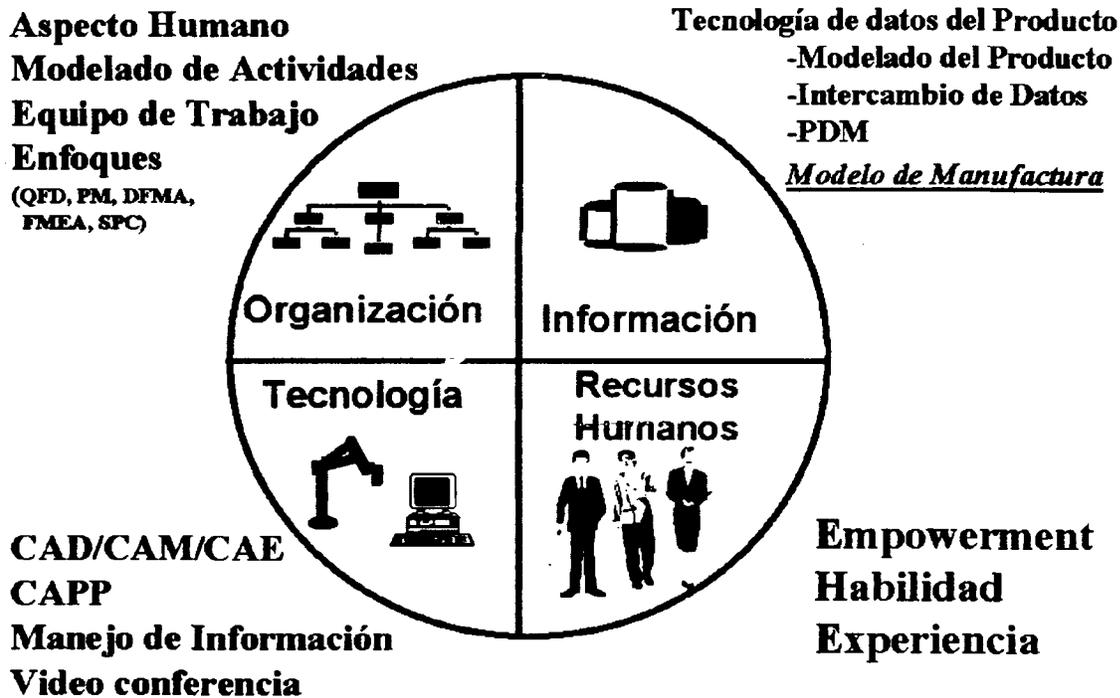
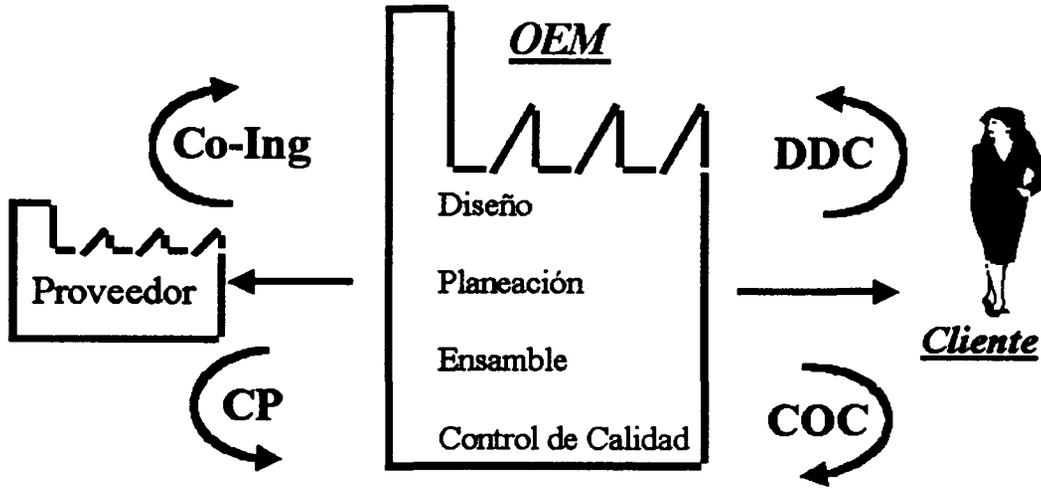


Figura 2-5. Estructura de la Ingeniería Concurrente [CERG-IM]

2.4.1 El aspecto organizacional de la Ingeniería Concurrente

El aspecto organizacional posee diferentes elementos relacionados con la estructura de la compañía (estructura jerárquica), el modelado de actividades, trabajo en equipos multidisciplinarios y los diferentes enfoques que pueden ser utilizados a lo largo del desarrollo del producto. Además es importante entender la empresa extendida [Browne et al. 1997] que está siendo adoptada por los fabricantes de equipo original (OEM) como una nueva estrategia en la administración de negocios. La empresa extendida se muestra en la figura 2-6.

Empresa Extendida



Co-Ing = Co-Ingeniería
CP= Cadena de Proveedores

DDC = Diseño Dirigido por el Cliente
COC = Cumplimiento de Ordenes del cliente

Figura 2-6. Empresa Extendida [CERG-IM]

2.4.1.1 La empresa extendida

En la empresa extendida (EE) el OEM (*Original Equipment Manufacturer*) desarrolla una cadena de proveedores confiables que participan efectivamente en el proceso del desarrollo del producto desde su concepto hasta su entrega y servicios, así como en la administración de su desecho. El modelo de la EE consiste en cinco elementos: El diseño dirigido por el cliente (DDC) en el cual se asegura el diseño de productos que satisfagan los deseos del cliente; el cumplimiento de las órdenes del cliente (COC) que incluye aspectos desde la entrega del producto hasta su facturación; la co-ingeniería con el

proveedor, la cadena de proveedores (CP) y el ensamble final que se hace en la planta del OEM.

2.4.1.2 Modelado de actividades del ciclo de vida del producto

Uno de los pasos más importantes hacia la mejora del desarrollo del producto es el contar con un claro entendimiento de las actividades detalladas del ciclo de vida del producto (CVP). Esto ayuda al equipo de IC a entender el papel de cada departamento y el flujo de información entre las actividades. En la experiencia del autor la técnica IDEF0 [IDEF 1999], explicada en el anexo 2, ha sido una buena herramienta en la representación de modelos de actividades. Los modelos IDEF0 ayudan a tener una mejor planeación del desarrollo del producto y en la definición de la información necesaria para cada actividad en términos de tipo, formato y su posible integración. Integración se define en esta tesis como el contar con la información correcta en el lugar, momento y formato correctos. Esto tendrá un impacto en cómo la información del CVP deberá ser estructurada para compartirla en todas las actividades.

Es un hecho de que distintas personas dentro de la misma compañía poseen diferentes puntos de vista acerca de las actividades del CVP, por esto es importante el estandarizar el CVP y tener una representación formal del mismo.

2.4.1.3 Los diferentes tipos de equipos multidisciplinarios

Las aplicaciones de IC dependen de tener un equipo multidisciplinario bien definido dirigido por el líder del proyecto o el líder de IC. Los miembros esenciales del equipo deben de representar las siguientes áreas: mercadotecnia, ingeniería del producto y manufactura. El equipo podrá contar con miembros de otros departamentos como calidad, finanzas, logística, entre otros, así como considerar la participación activa de los clientes y de los proveedores clave. Es buena práctica el contar con otro equipo de apoyo con miembros de departamentos como ingeniería de sistemas, servicios o consultoría externa. Existen diversas estructuras de equipo que se explican a continuación.

- 1- Equipo funcional. Esta estructura debe ser evitada pues se refiere a la típica práctica de comunicación sobre la pared en donde cada responsable de las distintas actividades del CVP trabaja en su propio departamento. Esto se aprecia en la figura 2-7 donde ME son los miembros del equipo y GF los gerentes funcionales.

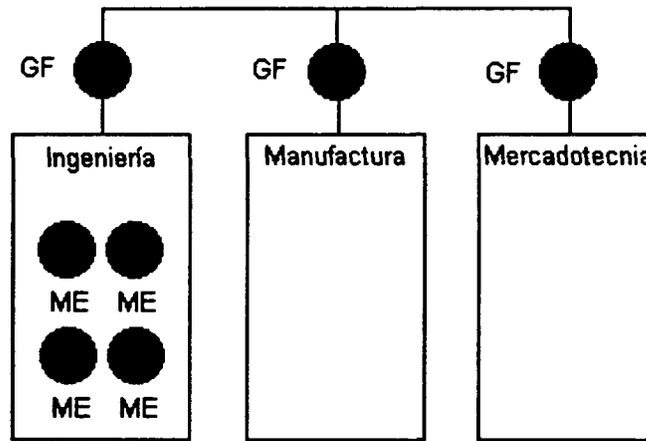


Figura 2-7. Estructura Funcional de Equipo [Molina et.al.]

2- Estructura lightweight. Consiste de un equipo formado principalmente por miembros del mismo departamento. Cuando es necesario, el líder del equipo contacta, formal o informalmente, a expertos de otros departamentos para recibir ayuda o retroalimentación. Este tipo de estructuras es común en la industria mexicana. Esto se muestra en la figura 2-8. El equipo está representado por el círculo que rodea al ME.

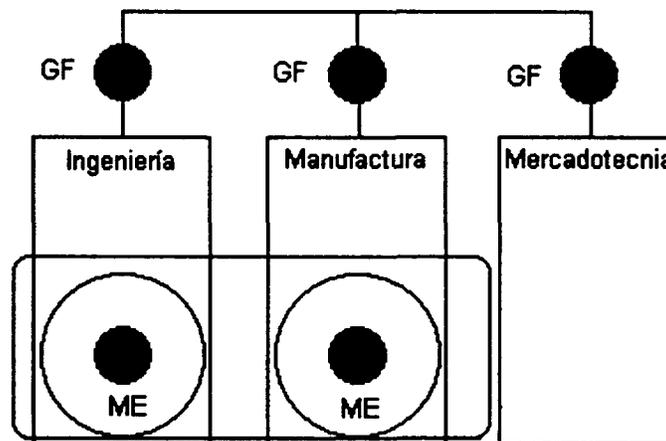


Figura 2-8. Estructura Lightweight de Equipo [Molina et.al.]

3- Estructura heavyweight. Consiste en un equipo multifuncional. Los miembros están dedicados al equipo parcialmente por lo que se dedican a otras actividades sean proyectos o tareas relacionadas a sus departamentos. En México, *esta es la práctica más sugerida* [Al-Ashaab et. al. 1999] debido a que la mayoría de las empresas mexicanas son compañías pequeñas y medianas, por lo tanto no cuentan con los suficientes recursos humanos. La clara desventaja es la carga de trabajo, así como el hecho de que los miembros poseen más de un líder por lo que la atención se enfocará principalmente al gerente funcional (que es el que paga). Por esta razón los esfuerzos deben enfocarse a una estructura autónoma que trae consigo mayores beneficios. La estructura se presenta en la figura 2-9 donde LP representa al líder del equipo.

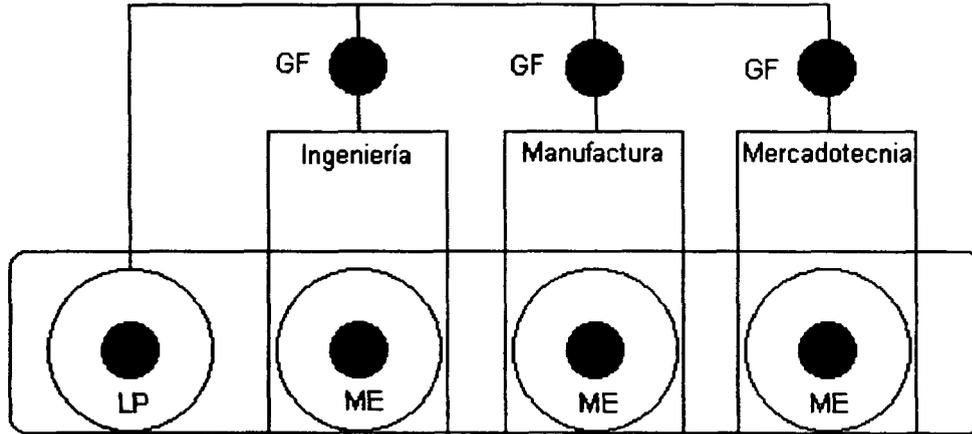


Figura 2-9. Estructura Heavyweight de Equipo [Molina et.al.]

4- Estructura autónoma. Consiste en un equipo multifuncional formado por miembros dedicados en su totalidad a un sólo proyecto. Sin embargo, los miembros trabajan

desde sus propias oficinas y utilizan recursos de sus respectivos departamentos y en ocasiones algunas juntas se llevan a cabo. En México pocas compañías logran dedicar a miembros clave de tiempo completo en un equipo para algún proyecto aunque a veces lo hacen para alguna actividad específica del CVP en donde el papel de esta persona es esencial. El autor fue testigo de los beneficios traídos por el trabajo en equipo multidisciplinario de estructura autónoma sobre la estructura heavyweight en una de las empresas analizadas para esta tesis. Estos beneficios son la terminación del proyecto en tiempo récord antes de lo planeado y ahorros en costos y en uso de recursos. La estructura autónoma se aprecia en la figura 2-10.

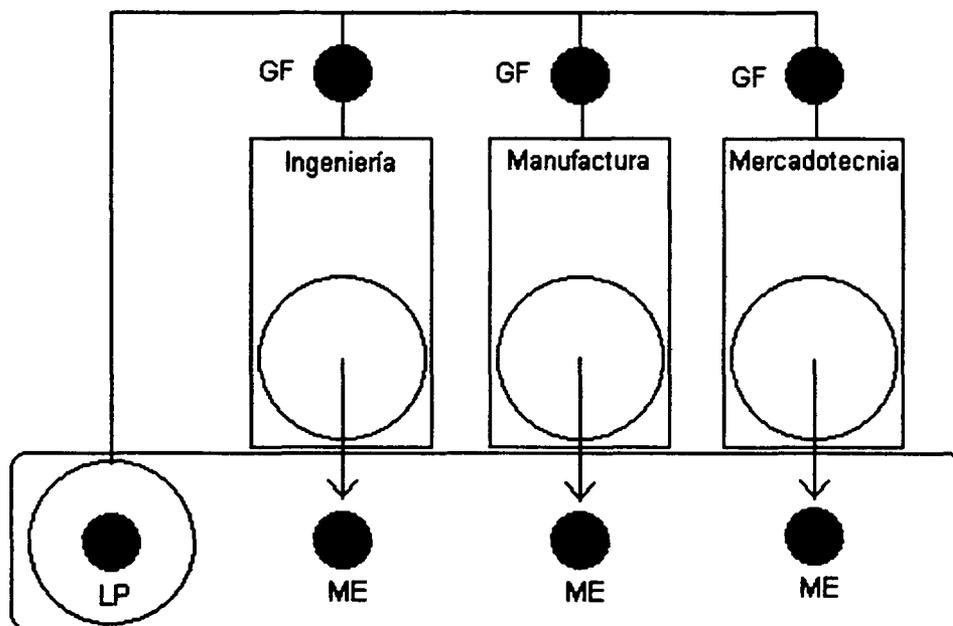


Figura 2-10. Estructura Autónoma del Equipo [Molina et.al.]

5- **Estructura co-ubicada (co-located)**, Esta estructura es igual a la autónoma, sólo que los miembros trabajan en un mismo espacio físico con recursos asignados

específicamente a su trabajo para llevar a cabo sus actividades. El autor y el CERG-IM no conocen un caso de este tipo en México. Esto se aprecia en la figura 2-11.

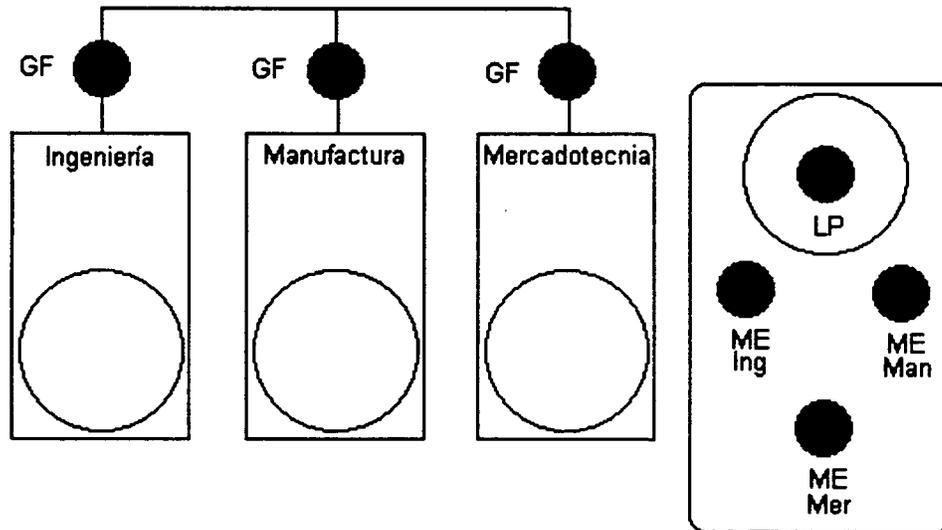


Figura 2-11. Estructura Co-ubicada de Equipo [Molina et. al.]

- 6- ***Estructura virtual***, En esta estructura el equipo se distribuye geográficamente (en diferentes ciudades o países) y utilizan tecnologías de información para comunicarse como internet/intranet, así como teleconferencias y videoconferencias. Esto se muestra en la figura 2-12.



Figura 2-12. Estructura Virtual de Equipo [Molina et. al.].

La relación entre el equipo de IC y los gerentes generales, funcionales y con el equipo de apoyo se muestra en la figura 2-13. La figura ilustra que la dirección (gerentes generales y funcionales) es responsable de escoger al líder del equipo y de definir el objetivo del proyecto de IC. Ellos escogerán a los integrantes del equipo y les informarán oficialmente. El líder trabaja con el equipo para definir el plan del proyecto (que debe cumplir las expectativas de la dirección), tecnologías a utilizar, responsabilidades y calendario de actividades. El líder del equipo juega un papel muy importante en una implementación exitosa de IC. En vez de ser un jefe que impone opiniones, el líder es un coordinador que negocia y discute los puntos relacionados con el equipo y proyecto. El líder es un facilitador que provee al equipo el apoyo de la dirección. Las características del equipo de IC se presentan en la sección 2.4.2.

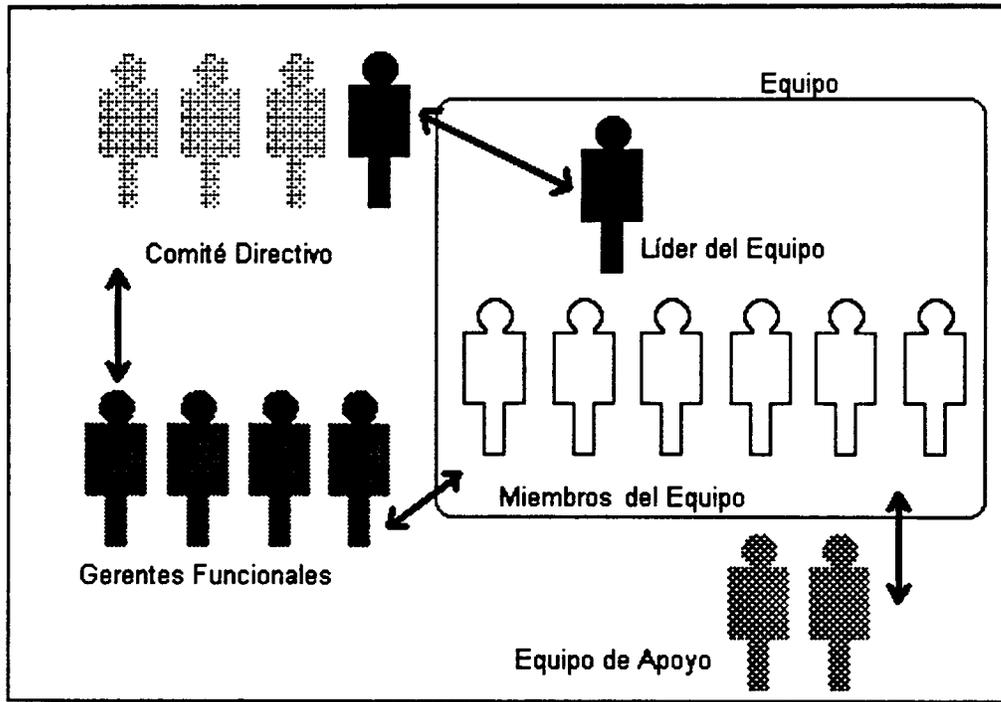


Figura 2-13. Equipo de Ingeniería Concurrente [CERG-IM]

2.4.1.4 Los enfoques de apoyo

Existen varios enfoques que pueden utilizarse en el desarrollo del producto tales como el QFD, DFMA o DFx, FMEA, Administración de Proyectos, TQM, SPC, etc. El entender cada uno de estos enfoques y su papel en apoyar el desarrollo del producto es importante. La descripción detallada de todos ellos está fuera del objetivo de esta tesis por lo que se deberá hacer uso de las referencias o del Anexo 1, para algunos de ellos, si se desea más información al respecto aunque la mayoría de estos enfoques se explican en el Centro de Ingeniería Concurrente desarrollado y mantenido por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente [SMIC 1999]. Lo importante de estos enfoques es el resultado de ellos que generalmente son documentos que deben ser tratados como *documentos vivos*. Esto

significa que estos documentos deben ser aplicados en diferentes etapas del ciclo de vida del producto y actualizados cada vez que un cambio es requerido en las especificaciones del producto y en el diseño. Por ejemplo, una parte de los requerimientos del QS9000 es aplicar el FMEA no sólo en la etapa del diseño del producto sino en todo el proceso de diseño y en el sistema de manufactura.

En México muchos de estos enfoques se utilizan, sin embargo no en una manera consistente. Se aplican, generalmente, como esfuerzos individuales más que como una disciplina o como parte de una metodología bien definida para el desarrollo del producto. Por otro lado, todas las compañías de la industria automotriz certificadas por el QS9000 deben utilizar el DFMA y el FMEA pero en la realidad se requiere más trabajo para hacer más efectivo el desarrollo del producto.

2.4.2 Características de los miembros del equipo (Recursos Humanos)

Una aplicación exitosa de IC depende totalmente del desempeño de los miembros del equipo (así como del apoyo de la dirección). Por esta razón los miembros del equipo deben poseer ciertas características que deben ser desarrolladas y apoyadas por la dirección de la compañía y por el líder del equipo. Estas características del recursos humano son motivación, entrenamiento y la más importante, empowerment (cada miembro del equipo deberá tener el conocimiento y poder para hacer un cambio para el beneficio de todos). Esto sólo puede llevarse a cabo cuando se dan las mismas oportunidades a todos los miembros del equipo.

Los resultados de las juntas regulares del equipo de IC, especialmente los talleres de DFMA y FMEA, no funcionan si los miembros no tienen el empowerment para dar sus opiniones convencidos de su responsabilidad y su papel en el desarrollo del producto. Un típico caso de la industria mexicana es cuando un ingeniero del producto discute con un ingeniero de manufactura sobre un problema específico y cuando llegan a una solución práctica uno de ellos no quiere firmar el documento final desligándose de toda responsabilidad. Otro caso común es el no practicar el empowerment en lo absoluto. Esto se debe a que la cultura mexicana y latina es el control centralizado por lo que los directores y gerentes no se sienten cómodos pasando poder a los empleados [Al-Ashaab et. al. 1999].

2.4.3 La información del ciclo de vida del producto

La información del ciclo de vida del producto se puede clasificar en datos del producto y en la información de los procesos de manufactura. Datos del producto se refiere a los datos que describen al producto a lo largo de todo su ciclo de vida. También se le conoce como Tecnología de Datos del Producto. La información de los proceso de manufactura captura las capacidades de los procesos y de los recursos. Lo importante de estas dos clases de información es como alcanzar la integración de la información al proveer la información correcta en el momento, lugar y formato correctos.

2.4.3.1 Tecnologías de Datos del Producto

Las tecnologías de datos del producto (PDT) consisten en la aplicación de tecnologías de información para administrar, controlar y utilizar datos del producto a través de todo su ciclo de vida. El CERG-IM divide las PDT en tres partes:

1. **Modelos de Productos**, se refiere al nivel de **investigación** llevado a cabo por universidades en centros de investigación. En este campo se encuentran los trabajos de la universidad de Loughborough en Inglaterra y de la universidad de Tokyo.
2. **Administración de datos del producto (PDM)**, está disponible **comercialmente** a través de varias compañías de software y proveedores de herramientas CAD/CAM. Algunos ejemplos son [SMIC 1999] Optegra de Computervision, INTERLINK de PTC, IMAN de EDS-Unigraphics. Varias compañías mexicanas ya han implementado herramientas PDM como administradores de datos CAD [SMIC 1999]. Varias compañías automotrices mexicanas tienen acceso al sistema PDM de su OEM para “bajar” archivos CAD. Sin embargo el uso de estas herramientas para compartir datos del producto en las diferentes etapas de su ciclo de vida no siempre es el adecuado.
3. **Intercambio de datos**, es el **formato estándar** para intercambiar datos del producto entre diferentes sistemas CAD/CAM/CAE. Algunos ejemplos son [SMIC 1999] IGES, SET, VDA, DXF y STEP descritos de manera general en el anexo 3. Una situación típica en la industria mexicana incluye diferentes departamentos que utilizan

diferentes herramientas CAD/CAM/CAE, creando problemas en la transferencia de datos. De esta manera se requiere más tiempo en re dibujar o completar el dibujo debido a la pérdida de datos durante el proceso de intercambio de datos. Otro caso se ilustra en la figura 2-14 donde el intercambio de datos se requiere entre el OEM y el proveedor mexicano. Muchos OEM obligan a sus proveedores a utilizar su sistema CAD para evitar este problema. En esta situación se pueden identificar fácilmente dos problemas: el costo de la herramienta y el conseguir gente para manejar todos los diferentes sistemas CAD. IGES es el estándar para el intercambio de datos más utilizado en la industria mexicana. Existen algunos esfuerzos en la promoción del STEP pero se requiere más trabajo al respecto. Una ayuda en este aspecto es la implementación del STEP en el área de producción de algunos OEM como GM que posee un centro de traducción STEP.

2.4.3.2 Información de los procesos de manufactura

Paralelamente a los datos del producto existe una necesidad de una fuente común de información de los procesos de manufactura que capture las capacidades y características de los procesos y los recursos. Esto es porque las consideraciones del desarrollo del producto dependen de los procesos de manufactura que serán utilizados en la producción.

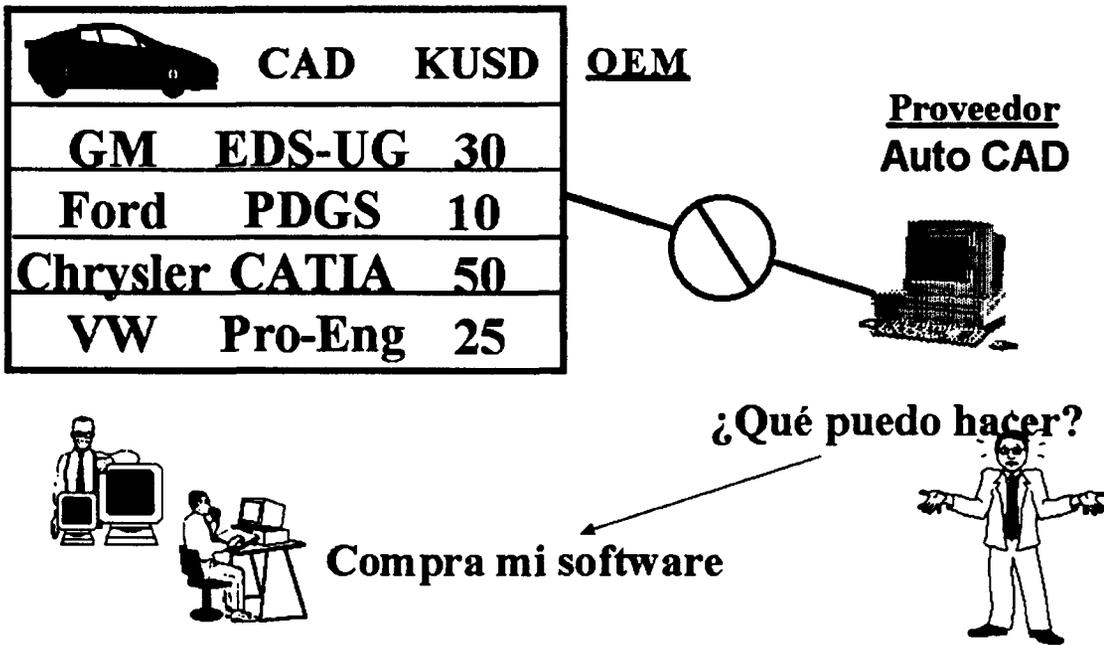


Figura 2-14. Problema de comunicación entre proveedor y cliente OEM [CERG-IM]

La figura 2-15 ilustra cómo la información de los procesos de manufactura puede capturarse en un modelo llamado por el CERG-IM Modelo de Manufactura. Este modelo apoya las actividades dentro de la compañía y aplicaciones ingenieriles con los OEM y los proveedores clave.

2.4.4 La tecnología en aplicaciones de Ingeniería Concurrente

Es bien sabido que la implementación de la IC no depende de ninguna tecnología específica [Winner 1999], no obstante su uso es un buen apoyo para el desarrollo del producto. Algunos ejemplos son los softwares para la aplicación del QFD o DFMA, herramientas para la administración de proyectos, todas las herramientas

CAD/CAM/CAE así como el INTERNET/INTRANET, las redes y las videoconferencias.

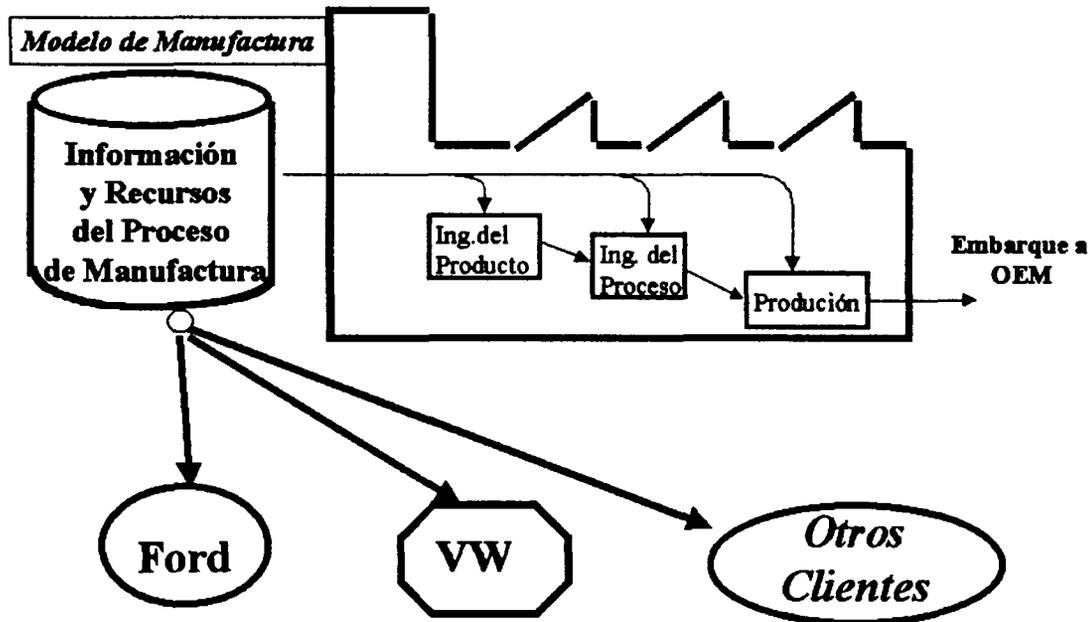


Figura 2-15. Papel del Modelo de Manufactura en la integración de proveedores y OEM

2.5 BENEFICIOS DE LA INGENIERIA CONCURRENTE

En un estudio hecho a 150 empresas de Norteamérica y Europa se obtuvieron los siguientes beneficios al implementar la IC [Ahmed 1994]. El beneficio más importante reportado fue un “time-to-market” menor (70%), es decir los productos estaban listos para salir al mercado en un tiempo más corto. Otros beneficios son: Mejora en la comunicación dentro de la empresa (59%); mejora en la calidad del producto (56%); reducción en costos de desarrollo y administración (33%); reducción de cambios en el

diseño (48%); incremento en las utilidades (30% de las compañías). Esto se puede apreciar mejor en la Figura 2-16.

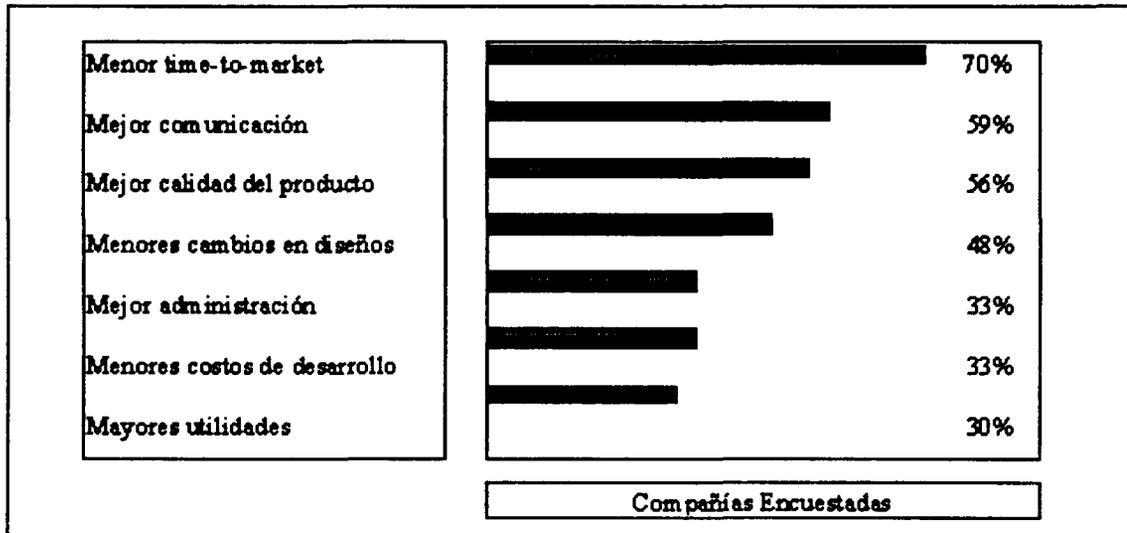


Fig. 2-16. Beneficios de la implementación de IC [Ahmed 1994]

De acuerdo a la Society of Concurrent Engineering [SOCE 1998] se pueden alcanzar beneficios que incluyen: de un 30% a un 70% menor tiempo de desarrollo del producto, de 65% a 90% menores cambios de ingeniería, de 20% a 90% menor time-to-market, de 200% a 600% mayor calidad y obviamente sus respectivas traducciones a costos.

Compañías consultoras como InfoTEST International han encontrado resultados como los obtenidos en Caterpillar: reducción del tiempo de ciclo de vida promedio de 5-7 años a 39 meses, reducción de número de partes en un 34%, reducción de costos en un 22.5% [InfoTEST 97] gracias a la IC.

La IC ha tenido impacto significativo en la calidad y desempeño de productos en reconocidas compañías a nivel mundial, como reducción de desperdicios en un 58% y retrabajo en un 29% en McDonnell Douglas, reducción de defectos en un 30% en AT&T y reducción del tiempo de ensamble en IBM en un 45% [Carlson].

En la División de Sistemas de Balística de Boeing se han obtenido resultados gracias a la IC como los citados a continuación [Syan 94]:

- Reducción de costos de manufactura en un 16% hasta en un 46%
- Reducción de cambios en diseño hasta en un 90%
- Reducción de un 12% a sólo 1% en escasez de materiales
- Reducción de costos de inspección en un 30%

La IC es una solución real que ha funcionado en distintos lugares alrededor del mundo y podría ayudar a una compañía con problemas en su desarrollo del producto en los diferentes elementos presentados como parte de la estructura de la IC. Algunos ejemplos de estos problemas se muestran a continuación como lecciones aprendidas por el autor en la práctica del desarrollo del producto de empresas mexicanas.

2.6 LECCIONES APRENDIDAS EN LA INDUSTRIA MEXICANA

Como se mencionó en el punto anterior, a continuación se presentan una serie de casos reales observados por el autor en empresas mexicanas, casos en los cuales el ejercicio del

ciclo de vida del producto se ve entorpecido por causas que la IC, correctamente entendida y aplicada, puede resolver. Si el lector identifica uno de estos casos con su situación particular, podría atacar y corregir ese problema como un apaga fuegos, o incluso aplicar acciones preventivas y de mejora continua. Pero el autor está convencido y ha sido testigo que la mejora continua y las acciones preventivas son más eficientes bajo el enfoque de la *Ingeniería Concurrente* pues aún en las acciones mencionadas es común olvidar a las demás actividades del ciclo de vida del producto. La IC maximiza los beneficios en términos de calidad, costo y tiempo.

- Una empresa A tiene un procedimiento elaborado por la misma compañía en Estados Unidos para trabajar en equipos multidisciplinarios a lo largo del desarrollo del producto. Este procedimiento debe ser acatado en todas las empresas del mismo grupo. En la planta Monterrey ven a este procedimiento como un asunto del departamento de Diseño solamente. Son ellos los que asisten a las capacitaciones y los que tienen más experiencia en el procedimiento, aún así la misma dirección no les da el apoyo debido. Algunas veces existen proyectos con más de un líder provocando caos. Otras veces los miembros del equipo no conocen al líder del mismo o ni siquiera saben si son parte del equipo hasta muy avanzado el proyecto. La dirección que debe hacer revisiones de los avances del proyecto, firma y aprueba los mismos sin revisarlos siquiera y al final reclaman al líder como el responsable de las fallas. **Problema:** Las evidencias parecen indicar que no existe la suficiente participación e interés de la dirección por apoyar un enfoque de trabajo efectivo.

- Una empresa B realizó un trabajo de optimización de un larguero para un camión con asesoría del ITESM. Uno de los objetivos era reducir el peso de la parte para lo cual se redujo el espesor de la pieza hasta una dimensión x con el consentimiento del departamento de diseño con quien se tenía el contacto en la empresa. Después de cuatro meses de trabajo la pieza quedó mejorada satisfactoriamente. Al exponer los resultados a la dirección de la empresa y a los expertos de manufactura salió a relucir el hecho de que las prensas no tenían la capacidad de lograr un espesor como el que la mejora proponía. Cuatro meses de trabajo fueron desperdiciados. **Problema:** Al parecer existe un conocimiento de las capacidades de manufactura insuficiente; no se analizó el impacto de las decisiones en las demás áreas del desarrollo del producto antes de tomarse o antes de terminar de hacerlas.
- Una empresa C contrató como parte de su equipo de diseño a dos personas de experiencia considerable y premiadas en el ámbito internacional por su trabajo. Más de un año pasó sin que la empresa pudiera hacer alguno de los diseños hechos por estas personas. **Problema:** Parece ser que las capacidades de los procesos y recursos de manufactura no fueron contempladas en la etapa de diseño; no hay trabajo en equipo multidisciplinario ni se contemplan simultáneamente las actividades del CVP.
- La empresa D que fabrica moldes para la industria automotriz tiene como fase crítica la parte de pruebas de los moldes pues en ella se realizan los ajustes necesarios para asegurar que la pieza pueda ser fabricada dentro de especificaciones. Estos ajustes y consideraciones pudieran hacerse desde la etapa de diseño y/o fabricación del molde,

pero la gente de pruebas no documenta ni se le exige documentar todo ajuste hecho al molde en la etapa de pruebas. Aún cuando se trabaja un molde similar a uno hecho con anterioridad se viven nuevamente los errores y los mismos ajustes deben hacerse de nuevo. **Problema:** Al parecer no se documenta la experiencia ni el conocimiento.

- Una empresa E dedicada al ensamble de aparatos telefónicos recibe proyectos nuevos constantemente. En un proyecto urgente proveniente de Estados Unidos se le implantó la meta a la planta Monterrey de preparar el proyecto para producción en cinco semanas. Tres semanas después de iniciado el proyecto los miembros del equipo no contaban con información esencial para el cumplimiento de la meta aún después de solicitarla desde la primer semana. **Problema:** Sin la integración de la información (información correcta en el lugar, momento y formato correctos) no se puede trabajar.
- La empresa F cuenta con cuatro plantas en la República Mexicana. Para agilizar el proceso de producción se intentó utilizar una base de datos centralizada con información de los productos para todas las plantas. En una de ellas, por lo menos, se tenía una copia de la base de datos porque a la gente de producción no le gustaba o no le parecía correcta la información contenida en ella. Para cada nuevo producto dado de alta en la base de datos esta planta hacía una copia con información generalmente modificada. El momento de tomar decisiones importantes y para estandarizar la información fue todo un caos. **Problema:** Manejo inadecuado de los datos del producto por falta de comunicación entre los usuarios y generadores de información.

Estos problemas no hubieran ocurrido de contar con una metodología que los guiara en la integración del desarrollo del producto. La metodología propuesta no lo es todo, sin embargo es un material que permitirá a las empresas introducir, evaluarse, planear e implementar la IC. La metodología práctica presentada deberá optimizarse y ser flexible a las distintas situaciones que existen en la industria mexicana en trabajos futuros con la industria mexicana.

2.7 COMENTARIOS FINALES

Existe un interés creciente en la industria mexicana en la aplicación de la IC para ayudarle en mejorar el desempeño de su negocio. Este capítulo muestra algunos conceptos clave de la IC así como la estructura de la IC y sus cuatro elementos. El objetivo de esta estructura es ayudar a la industria en tener un claro entendimiento de la IC y facilitar su introducción e implementación en las empresas. La estructura cubre los aspectos de organización, información, recursos humanos y tecnología que han sido explicados con varios casos de la industria mexicana. La colaboración con la industria mexicana en relación a la IC es cada vez mayor pues se acepta cada vez más que la aplicación de la IC es el enfoque orientado al cliente que la industria busca para sostener y mejorar su participación en el mercado entregando un mejor producto más barato y más rápido que logre la satisfacción total del cliente.

La IC se ha aplicado con éxito en mercados cada vez más exigentes desde compañías manufactureras hasta en organizaciones como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos [USDD 89] y en la NASA [NASA 1, NASA 2]. Pero, ¿cómo se ha logrado el éxito y alcanzado beneficios? ¿Cómo se llevó a cabo la implementación y práctica de la IC para alcanzar tales beneficios? Y más aún ¿cómo se puede aplicar esto en la industria mexicana? Algunas metodologías de implementación de IC encontradas en la literatura del estado del arte se analizarán en el siguiente capítulo.

Capítulo 3. Revisión y Clasificación de Metodologías de Implementación de Ingeniería Concurrente

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestra una revisión de literatura en el estado del arte de metodologías de implementación y en aplicación de la IC así como un análisis y clasificación de las mismas. Lo presentado no es todo lo que existe en metodologías de implementación de IC, pero de lo publicado lo presentado es lo que el autor pudo encontrar. No todos los casos expuestos se presentan como metodologías en sí, sin embargo los que no se presentan como tales hacen alusión a estructuras, recomendaciones y pasos a seguir para la implementación de IC. Este capítulo tiene como propósito el aclarar al lector las etapas y elementos más importantes en la implementación de la IC que generalmente se incluyen en las metodologías de implementación.

3.2 CLASIFICACIÓN DE METODOLOGÍAS

Existen pocas metodologías de implementación de IC que han sido desarrolladas alrededor del mundo algunas de las cuales se describirán de manera general en este capítulo. Todas las metodologías presentadas presentan alguna utilidad, sin embargo según el punto de vista del autor todas ellas tienen áreas de oportunidad para su mejora a fin de que al lector le sea más claro decidirse, planear e implementar la IC.

Las metodologías se clasificarán en cuatro grupos:

- a) Las generales, que no profundizan en las etapas a seguir para la implementación de la IC, es decir sólo mencionan algunos pasos pero no explican claramente cómo llevarlos a cabo;
- b) Las que se enfocan principalmente en la selección y desempeño del equipo de trabajo;
- c) Las que sólo contemplan principalmente el respaldo tecnológico (QFD, DFM, DFA, CAD/CAM/CAE, etc.);
- d) Las metodologías desarrolladas por compañías internacionales para su implementación en la misma compañía, grupo u organización.

3.3 METODOLOGIAS DEL GRUPO A: GENERALES

3.3.1 ESPRIT project

ESPRIT es un programa integrado de proyectos de Investigación y Desarrollo y de adopción de tecnologías con enfoque hacia la industria, administrado por la Dirección General para la Industria de la Comisión Europea (ESPRIT European Strategic Planning for Research in Information Technology). En un estudio para ESPRIT hecho por Ahmed et. al. [Ahmed 1994] se analizaron 150 compañías de Estados Unidos, Canadá, El Reino Unido, Alemania, Italia, Dinamarca y Finlandia. Algunos de los resultados obtenidos se muestran a continuación:

La figura 3-1 muestra los pasos seguidos para la implementación de IC. El entrenamiento del staff fue el paso más viable y ocupa el primer lugar entre las compañías estudiadas con un 56% de estas compañías indicando la importancia de este factor. La estructura gerencial del 52% de las compañías tuvo que ser reorganizada para utilizar la IC. La re-colocación de funciones fue considerada por el 44% de las compañías como el paso inicial (trabajar en un mismo espacio físico). Las herramientas de Tecnología de Información (IT) fueron usadas por casi el 30% de las compañías para apoyar la IC, pero no fue el factor más importante como muchos esperaban.

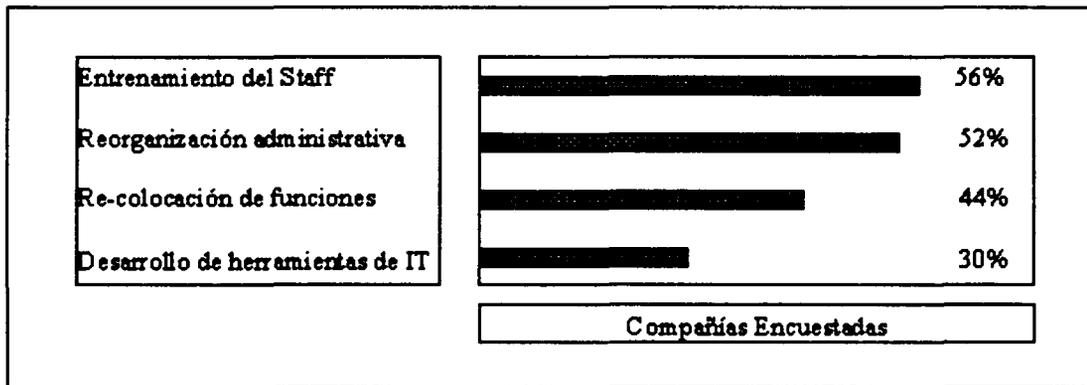


Figura 3-1. Pasos más comunes en la implementación de la IC [Ahmed 1994].

Algunas de las barreras que se presentaron durante la implementación de IC de acuerdo al estudio mencionado se muestran en la Figura 3-2. Las barreras principales reportadas durante la IC fueron problemas administrativos (41%) y resistencia al cambio (41%). La falta de experiencia o información fueron notadas en el 33% de las compañías como grandes dificultades. Asimismo la falta de entrenamiento en IC también fue barrera en el

41% de las compañías. Sólo el 4% reportó la falta de herramientas de IT como una dificultad.

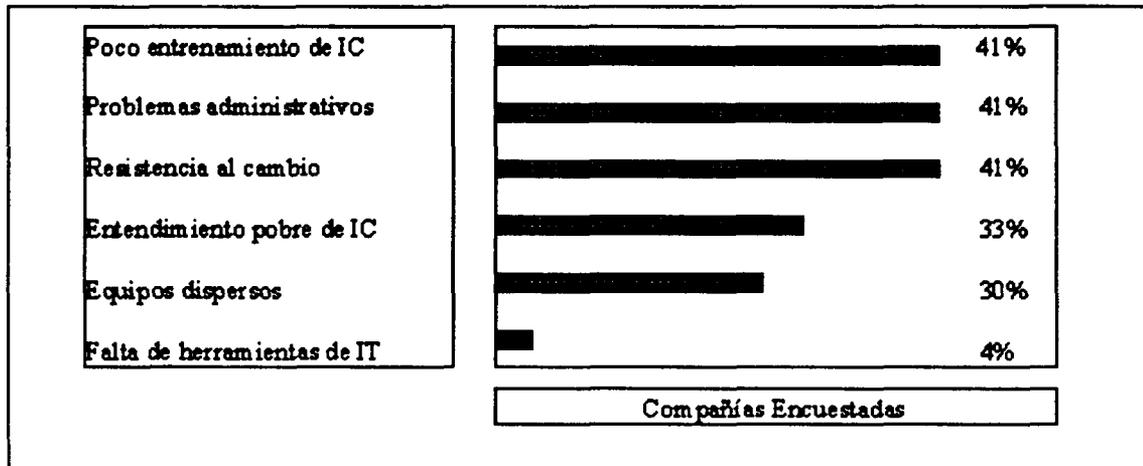


Figura 3-2. Problemas durante la implementación de IC [Ahmed 1994].

Es importante analizar los tropiezos, fallas y victorias de la implementación de la IC en otras regiones de nuestro planeta. Debido a que actualmente la mayoría de los países participan en un mercado y competencia globales, el tener un punto de vista global de la IC ayudará mucho a entender lo que se planea realizar en esta investigación y desarrollará fuertes bases en el lector para comprender de mejor manera a la IC y a la metodología presentada en este mismo trabajo.

3.3.2 Metodología para la Integración del Desarrollo del Producto

Una metodología presentada por Prasad para el desarrollo integrado de productos [Prasad 1997] basada en la IC contiene los siguientes elementos que se presentan en la figura 3-3:

1. Administración y planeación de requerimientos de producto
2. Estructuración del trabajo y despliegue del equipo de IC
3. Sistematización de la metodología
4. Sistematización del producto y proceso
5. Identificación de problemas y sistemas de soporte
6. Formulación integrada de problemas
7. Colaboración y resolución multifuncional de problemas
8. Monitoreo continuo y enriquecimiento del conocimiento

Prasad también llama a esta metodología como el Proceso PD³ en el que se contempla simultáneamente el diseño, desarrollo y entrega del producto. Los primeros cuatro bloques involucran la construcción y definición del problema para determinar las funciones, componentes, sub-funciones e interconexiones del producto. El primer bloque del desarrollo integrado del producto (IPD) es la determinación de la administración y planeación de requerimientos del producto.

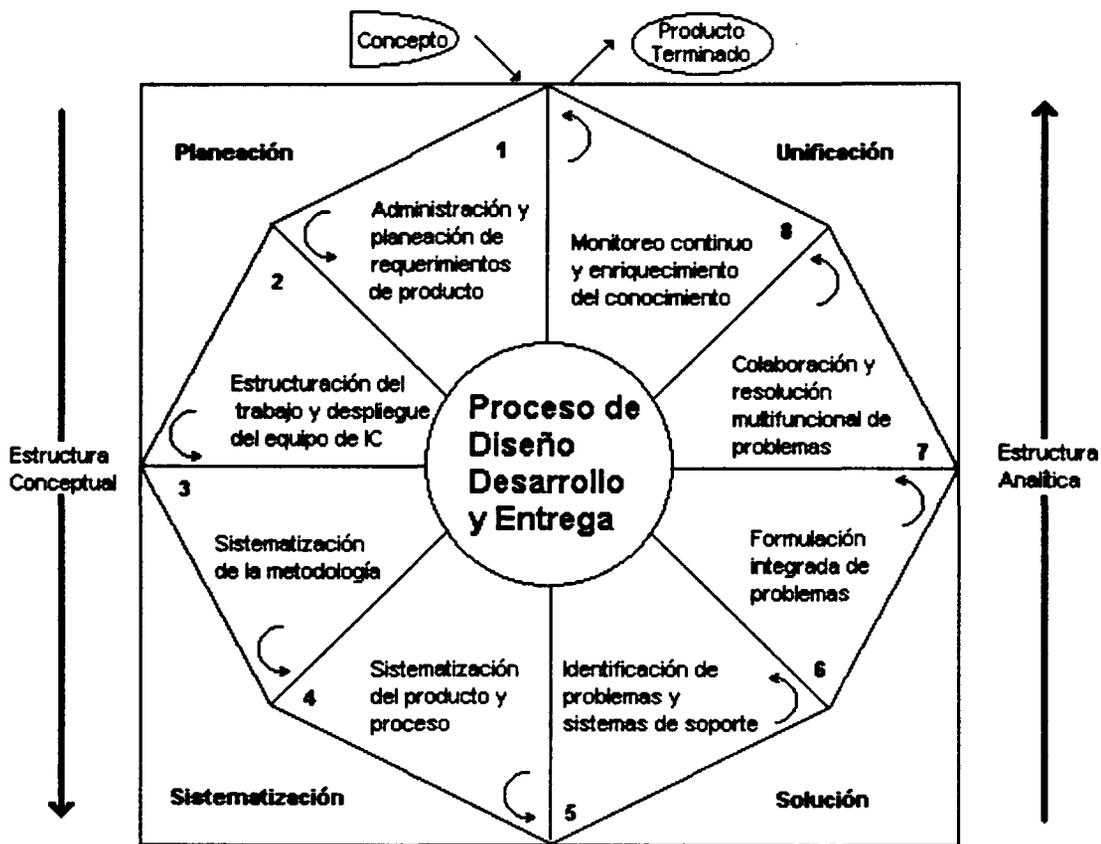


Figura 3-3. Componentes del Desarrollo Integrado de Producto (PD³) [Prasad 1997]

El segundo bloque es la estructuración del trabajo y el despliegue del equipo de IC. Estas dos fases constituyen la fase de planeación. El tercer bloque, sistematización de la metodología delinea la estructura conceptual básica para la metodología IPD. El cuarto bloque, sistematización de producto y proceso, muestra la taxonomía de la transformación del producto en un artefacto físico. Estos dos bloques se conocen como la fase de sistematización. El quinto y sexto bloque son llamados soluciones. En el sexto bloque, un enfoque de formulación integrada del problema, la metodología determina qué restricciones son violadas y además un conjunto de soluciones optimizadas. En el séptimo bloque, enfoque de consenso, la metodología combina diferentes opiniones que podrán

tener o no una base analítica. Colaboración significa coordinación del trabajo en grupo y de las habilidades para la solución de problemas. El último bloque enfatiza la necesidad de la mejora continua. En la práctica todos estos bloques están interconectados.

Esta metodología menciona de manera general algunos pasos importantes para la implementación de la IC, pero que para llevarlos a la práctica obteniendo los resultados que el autor de la metodología propone se necesita más que una muy breve descripción de este conjunto de pasos a seguir o bloques que conforman una metodología para desarrollar productos de forma íntegra.

3.4 METODOLOGIAS DEL GRUPO B: SELECCION Y DESEMPEÑO DEL EQUIPO DE TRABAJO

3.4.1 GE Lighting Ltd.

Scott [Scott 1994] comenta su experiencia en implementar la IC en un equipo de 50 miembros distribuidos en 7 lugares en 3 países distintos. La clave para lograrlo ha sido el desarrollo de un fuerte equipo multifuncional construido con bases en una fuerte cultura de comunicación y unidos por una cultura positiva de trabajo en equipo.

Este equipo de trabajo ha coordinado operaciones en: investigación corporativa, desarrollo de productos, administración de productos, finanzas, manufactura y recursos humanos. Las herramientas de comunicación utilizadas son: correo electrónico, llamadas

telefónicas, faxes, video conferencias, conferencias telefónicas, transferencia electrónica de archivos, y visitas ocasionales. Además el grupo genera un reporte cada dos semanas en copia suave (archivo computacional) y dura (reporte impreso) que sirve como base de datos, bitácora y foro para intercambio de ideas.

La información que es importante para el trabajo de este equipo multidisciplinario se muestra en la Figura 3-4. Como se aprecia en la figura 3-4 la información viene en forma de gráficas, números, palabras y muestras físicas, todo como parte del proceso creativo para el proceso de desarrollo del producto en donde se aplicará la IC.

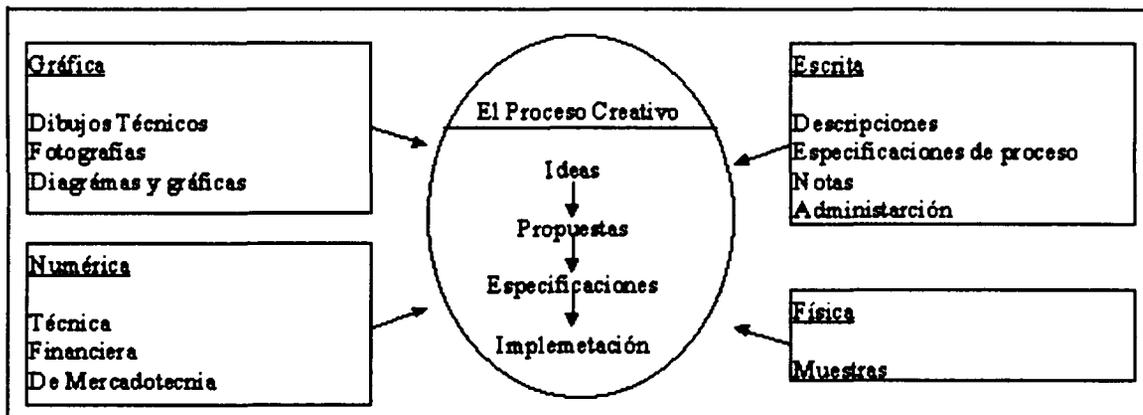


Figura 3-4. Información utilizada por el equipo multidisciplinario de trabajo [Scott 1994]

En este caso específico, la IC debía realizarse con un equipo que no se encontraba en las mismas regiones geográficas, por lo tanto debería de existir una infraestructura especial para soportar esta información. En la Figura 3-5 se muestra esta infraestructura que es requerida para un equipo multidisciplinario específico que trabaja a distancia. Para cada tipo de información presentada en la Figura 3-4 se añade una tecnología de información

para el intercambio de datos o para efectuar comunicación en tiempo real como por ejemplo, encuentros físicos, video conferencia, intercambio de archivos, etc. Estas tecnologías deberán aplicarse con las consideraciones respectivas de costo, eficiencia, asegurando comprensión y retención de información.

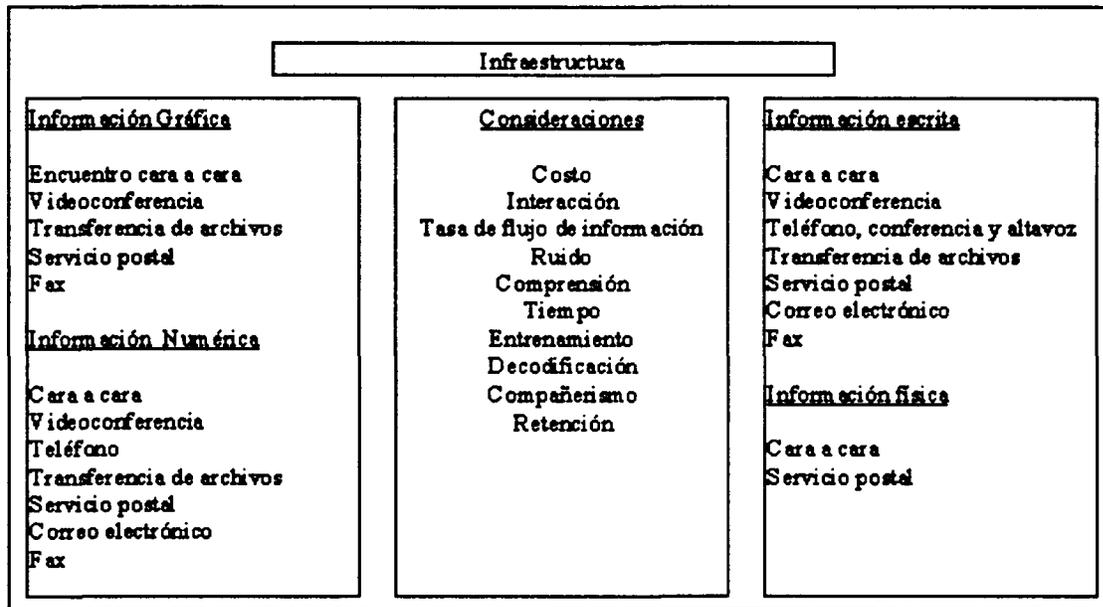


Figura 3-5. Infraestructura y tecnología para apoyar la IC a largas distancias [Scott 1994].

Sin embargo, Scott comenta que el establecimiento de una cultura de grupo que provea la creatividad y el compartir información es al menos tan importante como todo el hardware y el equipo de información que se requieren para trabajar.

Algunos aspectos de la cultura y valores del equipo de trabajo multidisciplinario pueden apreciarse en la Figura 3-6, así como otras características del equipo concernientes a su

localización y algunos puntos que el equipo debe tomar en cuenta al momento de realizar su trabajo para la implementación de IC.

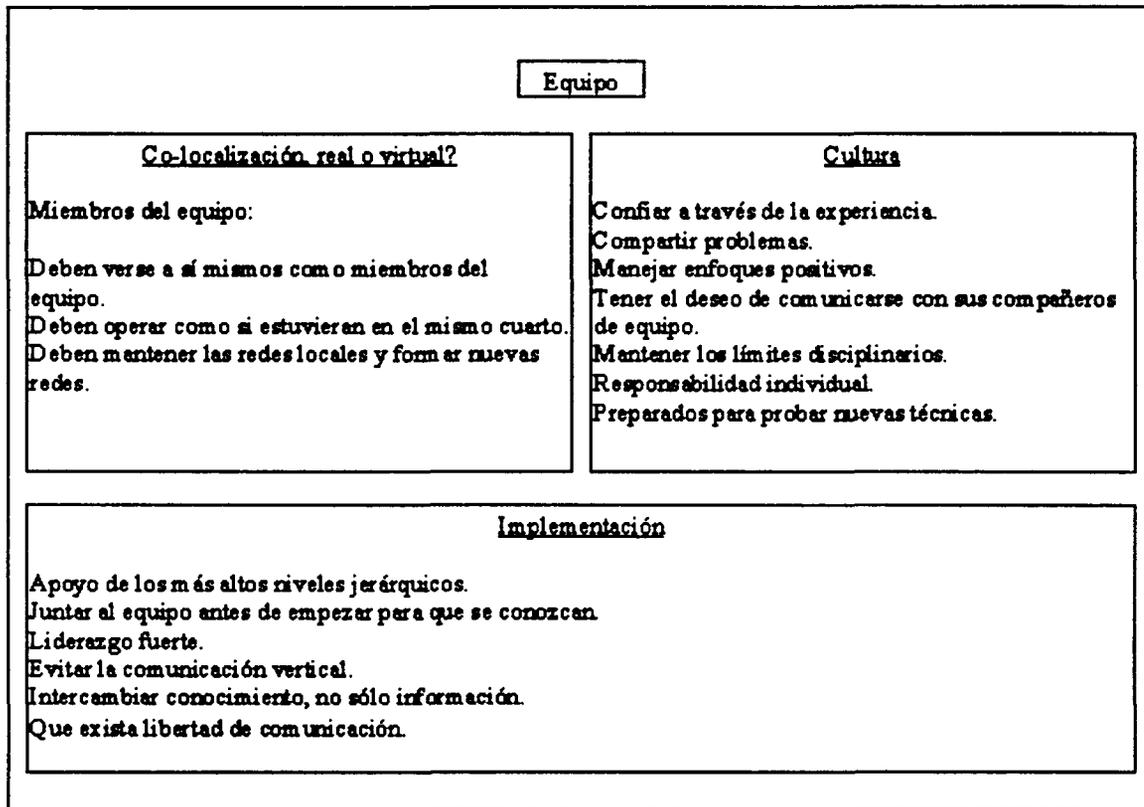


Figura 3-6. Algunas características del grupo multidisciplinario [Scott 1994].

Algunas sugerencias para la implementación exitosa de equipos globales de Ingeniería Concurrente incluyen: Reunir al equipo en persona al inicio del proceso y explotar toda la tecnología de multi-medios para enriquecer la transferencia de información.

Como Scott muestra en su experiencia, el aspecto más importante al llevar a la práctica la IC es la cultura del equipo, para trabajar y para compartir información. Es una cultura

rodeada de los valores de responsabilidad, honestidad y confianza. Y esta cultura no sólo es indispensable para que un equipo de IC a nivel global pueda trabajar con éxito, sino para que cualquier equipo concurrente pueda tener éxito. La única diferencia que puede presentar un equipo global y uno local es el grado de utilización de la tecnología de la información (IT). Entiéndase por IT (Information Technology) un sistema basado en herramientas computacionales que tiene la habilidad de aceptar, procesar, almacenar y dar información [Cats-Baril 1997].

Como la cultura de trabajo es de importancia vital será necesario revisar los pasos de implementación de la IC con énfasis en la cultura donde se desee trabajar y sus valores inherentes.

3.4.2 Planeación para la Ingeniería Concurrente

Susan E. Carlson y Natasha Ter-Minassian [Carlson] hablan de que la adopción de la IC requiere el compromiso de toda la compañía especialmente de las áreas gerenciales. Incluye asimismo el compromiso de recursos como tiempo, dinero y personal; un buen entendimiento del proceso; y la habilidad de enseñar sus principios y de ganar su aceptación en toda la compañía. Ellas presentan una “metodología de diseño concurrente” que se enfoca en la selección del equipo multidisciplinario en función de la complejidad del producto y de la evaluación de ciertos criterios. Estos criterios de evaluación de productos presentados en la figura 3-7, incluyen aspectos tanto de

ingeniería de diseño como de ingeniería de manufactura, administración de recursos y de la gerencia y están evaluados cada uno en tres niveles. Estos niveles son:

1. *Tipo de Diseño*: A. Producto nuevo; B. Variante en diseño; C. Cambio en características
2. *Complejidad de Producto*: A. Alta; B. Media; C. Baja.
3. *Estándares y Especificaciones de diseño*: A. Pocos; B. Nivel medio; C. Muchos.
4. *Recursos Analíticos* (cantidad de análisis a realizar y herramientas disponibles): A. Nivel alto; B. Nivel medio; C. Nivel bajo.
5. *Tiempo del ciclo de diseño*: A. Proyecto a largo plazo; B. Mediano plazo; C. Corto plazo
6. *Nivel esperado de Precisión, confiabilidad y durabilidad*: A. Se requiere de un alto nivel de precisión, confiabilidad y durabilidad; B. Nivel medio; C. Nivel bajo.
7. *Complejidad del Proceso* (cantidad de procesos requeridos para la manufactura del producto): A. Muchos procesos; B. Algunos procesos; C. Pocos procesos.
8. *Ambiente del Proveedor* (involucramiento del mismo en el diseño): A. Alto; B. Medio; C. Bajo.
9. *Tamaño* (número de disciplinas involucradas en el diseño): A. Varias disciplinas; B. Dos disciplinas; C. Una disciplina.
10. *Prioridad* (en función del tiempo de entrega, importancia del cliente, capital invertido en el proyecto, utilidad potencial): A. Alta; B. Media; C. Baja.

11. *Análisis de Riesgo* (análisis de Valor Presente Neto y de ciclo de vida del producto):

A. Producto tendrá larga vida en el mercado; B. Riesgo e inversión están balanceados; C. Producto tendrá muy corta vida en el mercado.

12. *Costos del proyecto incluyendo manufactura*: A. Altos; B. Medios; C. Bajos.

Ingeniería de Diseño					
Nivel/Criterio	Tipo de Diseño	Complejidad del Producto	Estándares y Especificaciones	Recursos analíticos	Tiempo
A					
B					
C					

Ingeniería de Manufactura		
Nivel/Criterio	Precisión	Complejidad del Proceso
A		
B		
C		

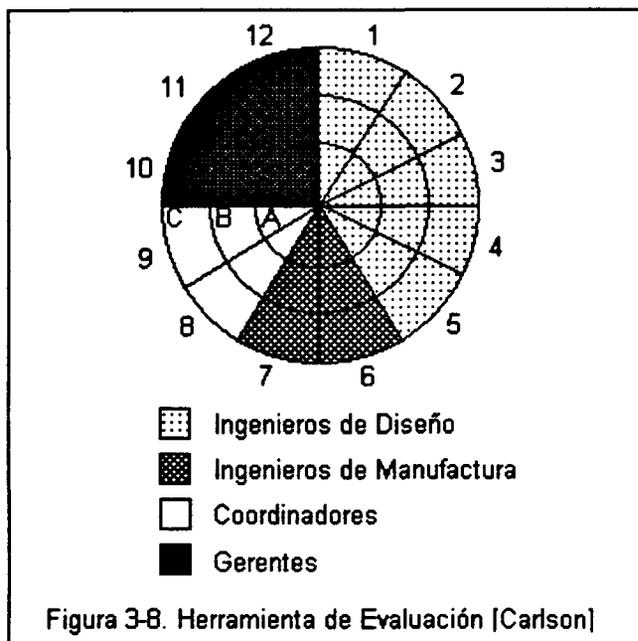
Administración de Recursos		
Nivel/Criterio	Ambiente del Proveedor	Tamaño
A		
B		
C		

Gerencia			
Nivel/Criterio	Prioridad	Riesgo	Costo
A			
B			
C			

Figura 3-7. Criterios de evaluación de productos [Carlson]

Las evaluaciones que se den a cada uno de los puntos de la tabla presentada en la figura 3-7 se colocan en un mapa como el presentado en la figura 3-8. En este mapa se muestran las personas que participarían en el equipo multidisciplinario para trabajar durante todo el proyecto de IC. Los números representan cada uno de los puntos evaluados y en el mapa se marca su respectiva evaluación sea A, B o C. Si existe un mayor número de A's en el

mapa entonces se elegirá el equipo más complejo denominado tipo A y así con las otras dos evaluaciones.



Para ejemplificar uno de estos equipos multidisciplinarios se presenta el equipo tipo B en la figura 3-9. El equipo tipo B se conoce como Moderado y el A y el C como de Alta Concurrencia y Fundamental, respectivamente. Las siglas se definen a continuación y representan los participantes en el equipo para cada una de las etapas del proyecto de IC:

M	Alta Gerencia	ME	Ingenieros de Manufactura
PM	Gerentes de Proyectos	RM	Administradores de Recursos
SM	Representantes de Ventas y Mercadotecnia	S	Proveedores
C	Cliente	FM	Representantes de Finanzas
DE	Ingenieros de Diseño	FS	Personal de reparación, servicio Y mantenimiento
RD	Investigación y Desarrollo		

El método de selección del equipo es interesante. En el caso de estudio que plantea el documento en donde se presenta la metodología, la empresa evaluada presenta ocho evaluaciones C, tres tipo B y una tipo A. Se elige un híbrido entre el modelo de alta concurrencia y el modelo moderado no siguiendo las pautas que se marcan dentro de la misma metodología al pie de la letra, lo que demuestra flexibilidad de la metodología. Sin embargo es necesario hacer énfasis en la planeación de la implementación de la IC además de en el equipo de trabajo.

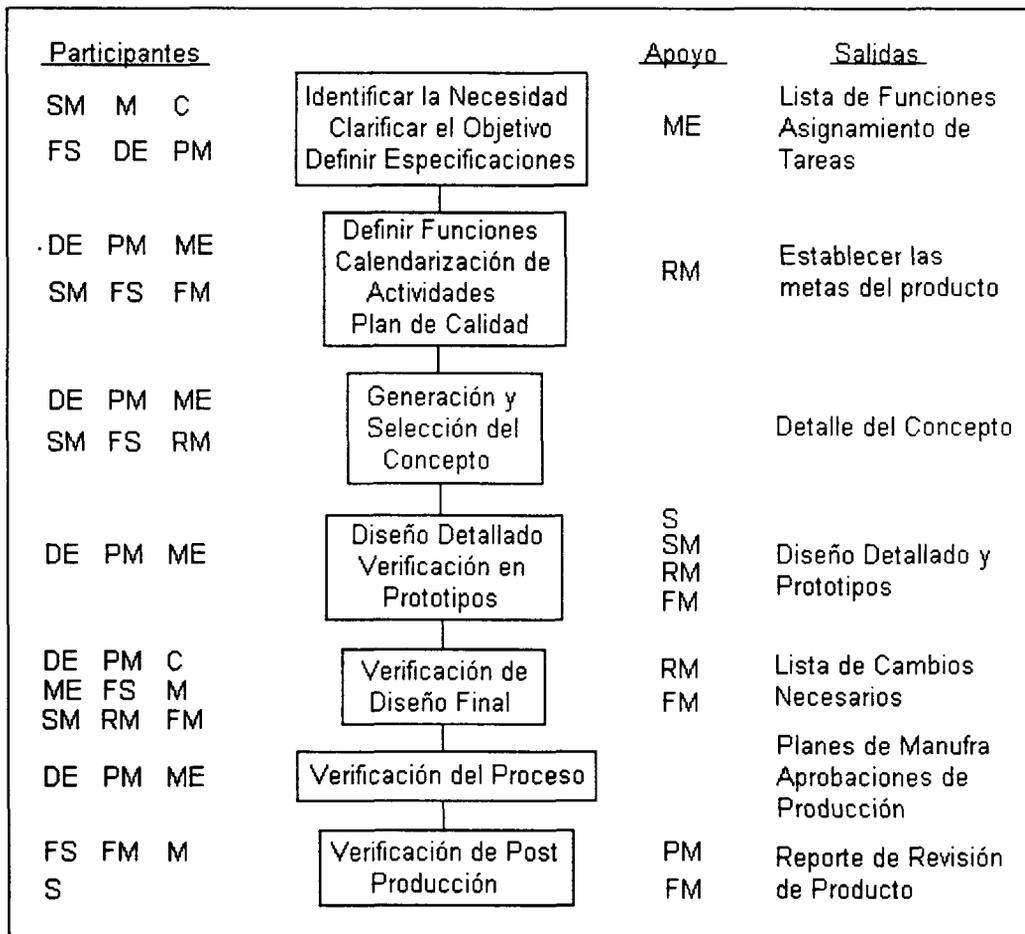


Figura 3-9 . Modelo moderado tipo B de Ingeniería Concurrente [Carlson]

3.4.3 FAST CE – Usando la Ingeniería Concurrente para un mejor desarrollo del producto

El proyecto FAST Concurrent Engineering, apoyado por Computervision Ltd. y el Consejo de Investigación de Ciencias Físicas e Ingeniería (EPSRC) de Gran Bretaña, presenta una metodología de implementación de IC en tres etapas básicas en base a experiencias de compañías que han implementado exitosamente la IC [FAST CE 97]:

- a. Etapa 1 - Preparación para Ingeniería Concurrente. Presentación de los conceptos básicos de IC a los gerentes de los más altos niveles para que acepten el enfoque presentado y entiendan sus principios. Esto traerá consigo una decisión de llevar a cabo o no un proyecto de IC.
- b. Etapa 2 - Implementación de Proyecto Piloto. Se concentra en las actividades iniciales del ciclo de vida del producto y en el lanzamiento de un proyecto piloto.
- c. Etapa 3 – Extensión de la Ingeniería Concurrente. Una vez que el proyecto piloto se ha llevado a cabo, esta etapa enseña cómo evaluarlo, llevar las lecciones aprendidas a proyectos subsecuentes y cómo introducir la IC en toda la organización.

Estos pasos pueden apreciarse en la figura 3-10 en donde se aprecian las actividades principales a realizar en cada uno de ellos.

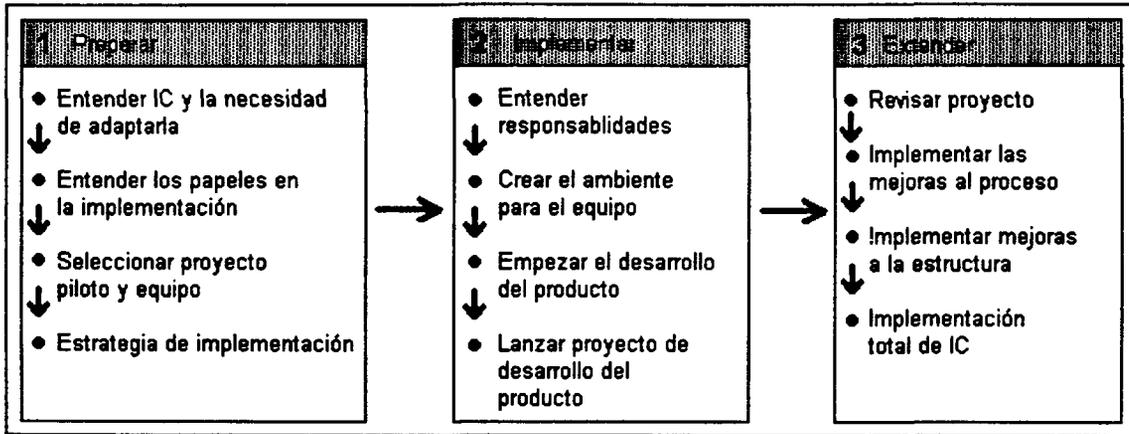


Figura 3-10. Usando la IC para un mejor Desarrollo del Producto [FAST CE 97].

Esta metodología profundiza en la selección del líder del equipo (Líder del Proyecto) y de sus responsabilidades, papel del comité de apoyo (Gerente de Manufactura/Producción, Gerente Técnico/Diseño, Gerente de Compras y Gerente de Mercadotecnia) y de los gerentes funcionales y la selección de los miembros del equipo. Esto corresponde a la primera etapa: preparar. Una parte del papel del líder del equipo se muestra a continuación.

- Asegurar que los planes del proyecto reflejan la realidad y la necesidad.
- Asegurar que las tareas del equipo sean entendidas, factibles y aceptadas.
- Ayudar al equipo a terminar el proyecto a tiempo.
- Si algún obstáculo se presenta, discutirlo con el comité de apoyo.
- Administrar el proceso de toma de decisiones.
- No tomar decisiones por el equipo.
- No imponer metas al equipo.

- Compartir información para alentar la participación del equipo.
- Escuchar, involucrarse y comunicar internamente y externamente.
- Guiar y apoyar.

Para la segunda etapa, la implementación, es necesario definir el objetivo del equipo, un modelo de costos (incurridos en el proyecto y en el ciclo de vida del producto) y la planeación del proyecto incluyendo: metas, objetivos, obstáculos, tareas, recursos, restricciones y riesgos, así como cada uno de los puntos de evaluación del proyecto (Gate reviews) y que deberá revisarse en cada uno de ellos.

La última etapa habla de los sistemas de recompensa, la educación y entrenamiento y el involucramiento de clientes y proveedores. Esta metodología abarca puntos muy importantes de lo que es la etapa más esencial de la IC, es decir en la formación del equipo de trabajo para el proyecto piloto.

3.5 METODOLOGIAS DEL GRUPO C: RESPALDO TECNOLOGICO

3.5.1 Integrating Manufacturing and Design

El problema de querer asociar la implementación y uso de la IC con herramientas computacionales generalmente de CAD/CAM/CAE para el diseño, manufactura y análisis de productos es que para utilizar más rápido o en paralelo alguna de estas herramientas

se requiere de sistemas de redes y herramientas asistidas por computadora. La Society of Manufacturing Engineers presenta una serie de documentos en los que discute la implementación de IC en base a herramientas computacionales [SME 90].

De acuerdo a la SME la IC funciona cuando una computadora simula la manufactura y ensamble de un producto analizando variaciones y consideraciones de DFMA (Design for Manufacture and Assembly). La IC es la integración del diseño, la manufactura y el ensamble de manera virtual para cometer todos los errores en la computadora en donde no hay costos de retrabajo y dejar para el proceso real un diseño optimizado y libre de errores.

Asimismo se mencionan las cuatro herramientas indispensables para el funcionamiento de la IC que son: El Control Total de Calidad (TQC), el Justo a Tiempo (JIT), la Manufactura Integrada por Computadora (CIM) y el sistema humano. La parte de CIM debe contener herramientas de simulación y análisis, intercambio electrónico de datos (EDI), redes de comunicaciones, herramientas de modelado, etc.

No existen herramientas computacionales que se consideren indispensables para el funcionamiento de la IC, puesto que la IC es una filosofía que se enfoca en compartir información y conocimientos a través del trabajo en equipo multidisciplinario. Dependiendo del proyecto y de la empresa serán el respaldo tecnológico que mejor se adapte a sus necesidades. Cabe notar que las referencias encontradas de las metodologías

tipo C son de principios de la década de 1990, en los que al parecer todavía no se tenía muy claro el concepto de IC.

3.6 METODOLOGIAS DEL GRUPO D: DESARROLLADAS POR COMPAÑIAS INTERNACIONALES

Dentro de estas metodologías se encuentran el Integral Development System (IDS) de United Technologies y el Customer to Customer (C2C) de Whirpool. También el APQP (Advanced Product Quality Planning) desarrollado por Chrysler, Ford y GM bajo los lineamientos del QS 9000 menciona el trabajo de equipos multifuncionales y de manera simultánea. Estas metodologías son diseñadas por compañías internacionales para su implementación en distintas plantas ubicadas en diferentes zonas geográficas. En México se pueden encontrar estas metodologías dentro de compañías que pertenecen o tienen alianzas con estos grupos. En algunos casos (al menos con los citados en sus casos en México) estos métodos de trabajo no se han podido implementar correctamente por diferentes razones entre las cuales el autor puede mencionar por experiencia:

1. No se ha expuesto a la gente el conocimiento suficiente de las mismas, son procedimientos de trabajo desconocidos por la gente que los debe usar.
2. Cuando se imparte capacitación al respecto sólo asiste la gente de Diseño o Ingeniería porque la empresa ve al desarrollo del producto o a estas metodologías como asuntos de estos departamentos solamente.

3. El personal no responde a las juntas en equipo multifuncional. No basta solamente con decir “de ahora en adelante trabajaremos en equipo” para que la gente lo haga. Para su correcto funcionamiento la metodología debe ser adaptada no adoptada, con el debido apoyo y seguimiento de la gerencia.
4. Algunas juntas del equipo son sólo de revisión, no de toma de decisiones sobre el ciclo de vida del producto. Aún en estas revisiones se firman los documentos sin verdaderamente revisar el proyecto por lo que surgen problemas en las corridas de producción.
5. La gente no respeta la forma de trabajo de la manera que establece la metodología por la misma falta de interés (e información) de la gerencia respecto a la metodología.
6. No existe integración de la información entre los diferentes departamentos, es decir la información correcta, en el lugar correcto, en el momento correcto y en el formato correcto.

3.7 OTROS CASOS

Existen algunas metodologías, documentos e investigaciones que se realizan sin tener suficiente conocimiento de la IC. Sólo por mencionar un ejemplo se presenta un modelo en el cual se estructure la utilización sistemática de las diferentes metodologías y herramientas que pueden aplicarse en la IC basándose en la metodología del QFD [López 92]. De acuerdo a esta fuente la IC puede implementarse manejando el QFD para planear los requerimientos del cliente y de producción, pero no se maneja su utilización de manera simultánea ni la participación de un equipo multifuncional que utilice el QFD. No

puede existir la IC sin el trabajo en equipo multidisciplinario y no se puede implementar utilizando solamente un respaldo tecnológico de la misma metodología.

Este material también expone que la IC sin la utilización de herramientas CAD/CAM es “basura”, siendo que la IC es una filosofía que utilizará las herramientas que la gente requiera para los productos y/o servicios que maneje en su organización, no depende de tecnologías específicas.

3.8 COMENTARIOS FINALES

Las diversas metodologías presentadas se encuentran entre las pocas desarrolladas y publicadas para la implementación de IC. Sin embargo estas metodologías no dejan ver una manera clara y práctica de cómo implementar la filosofía. Se deja en claro que se necesita una introducción al tema, entrenamiento en los conceptos y herramientas de IC, un proyecto piloto, selección de equipo multifuncional, pero no se explica claramente una manera práctica de hacerlo o las consideraciones a tomar dependiendo de las características específicas de cada empresa en particular.

Las metodologías expuestas presentan conceptos importantes que serán retomados en la metodología desarrollada en la presente investigación. Generalmente la información que se encuentra sobre IC en ponencias, seminarios o artículos es referente a la tecnología que respalda a la IC para trabajar de manera simultánea, es poca la información referente

a su implementación sin embargo, varios grupos y organizaciones se encuentran trabajando en ello como en el programa ESPRIT o en el proyecto FAST CE mostrados en este capítulo. Es la intención del autor realizar su parte en cuanto a un método para la industria mexicana que se presenta en el siguiente capítulo.

Capítulo 4. Metodología de Implementación de IC

4.1 INTRODUCCION

El cuarto capítulo presenta la metodología propuesta por el autor para la implementación de la IC en base a trabajo relevante con la industria y de experiencia al trabajar con el Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (CERG-IM). El capítulo cubre una explicación general de la metodología enfocándose en la introducción de la IC, un método de diagnóstico para la compañía y una herramienta de evaluación para medir la situación actual del desarrollo del producto de la compañía que desee mejorar con la implementación de la IC y lo que incluye la planeación para el Proyecto Piloto.

4.2 METODOLOGIA DE IMPLEMENTACION

Como se mostró en el capítulo primero el presentar la Ingeniería Concurrente a una empresa puede llevarse a cabo en ciertas etapas. Las etapas mencionadas son:

- **Introducción**
- **Diagnóstico de la compañía y análisis**
- **Planeación para Ingeniería Concurrente (IC)**
- **Implementación de Proyecto Piloto de IC**
- **Evaluación**
- **Expansión**

La metodología propuesta en este capítulo consiste en una manera estructurada de llevar a cabo estas etapas en la industria mexicana y en cualquier industria que tenga problemas en su desarrollo del producto, e incluye pasos a seguir para la implementación de la IC con base en estas etapas y con base en la estructura de trabajo de la IC que se explica en el capítulo segundo con sus cuatro elementos: organización, información, recursos humanos y tecnología.

La metodología abarca las seis etapas. Las primeras tres se pueden considerar como una preparación por lo que son de gran importancia. Las últimas constituyen la puesta en práctica de todo lo planeado y preparado y ocurren en un periodo de tiempo mayor. Cada etapa tiene diferentes actividades y diferente escala de tiempo según las características específicas de la organización.

La figura 4-1 muestra gráficamente la metodología propuesta en esta tesis con base en trabajo realizado con la industria mexicana. En la figura 4-1 se incluyen las seis etapas a considerar para la introducción, planeación e implementación de la IC junto con los objetivos a alcanzar en cada una de ellas y con las actividades que se tienen que seguir para lograrlos. Para cada una de estas etapas se consideran los elementos de la IC, pues en base a ellos se lleva a cabo la introducción, el diagnóstico, el análisis y la planeación para implementar la IC. Los elementos son Organización, Información, Recursos Humanos y Tecnología. Estos elementos se explican en el capítulo segundo.

Hacia la mejora del desarrollo del producto por la Ingeniería Concurrente

	Introducción de la IC	Diagnóstico del Desarrollo del Producto	Planeación para la IC	Ejecución de Proyecto Piloto	Evaluación	Expansión
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> = Convencer a la empresa = Establecer visión de IC 	<ul style="list-style-type: none"> = Tener una idea clara y estándar del CVP de la empresa = Conocer las áreas de mejora del CVP con base en los elementos de la IC 	<ul style="list-style-type: none"> = Seleccionar el Proyecto Piloto = Formar el equipo = Crear un ambiente adecuado para el trabajo del equipo bajo la IC = Fijar metas y objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> = Apreciar en la práctica el desarrollo del producto bajo el enfoque de la IC 	<ul style="list-style-type: none"> = Evaluar los logros alcanzados por la práctica del proyecto piloto bajo el enfoque de la IC 	<ul style="list-style-type: none"> = Extender los beneficios de la IC a todas las demás áreas de la empresa
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> = Exponer conceptos, elementos y beneficios de la IC = Casos prácticos de compañías similares = Caso práctico de la compañía actual 	<ul style="list-style-type: none"> = Diagnóstico de la práctica actual del desarrollo del producto *Recolección de datos del CVP *Representación formal del CVP *Evaluación del desempeño del desarrollo del producto actual *Análisis de los datos 	<ul style="list-style-type: none"> = Elaborar plan de acciones para las áreas de oportunidad en los aspectos de: <ul style="list-style-type: none"> *Organización *Información *Recursos Humanos *Tecnología = Elaborar plan de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> = Poner en práctica la planeación hecha en un proyecto piloto a lo largo de todo su ciclo de vida 	<ul style="list-style-type: none"> = Evaluar el cumplimiento de objetivos entre lo planeado y lo ejecutado y analizar las causas de las diferencias = Evaluar nuevamente el desempeño del desarrollo del producto del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> = Aplicar la planeación obtenida para diferentes proyectos de la empresa = Evaluar el desempeño del desarrollo del producto después de terminado cada proyecto = Continuar hasta aplicar la IC como un estilo de vida

← Elementos de la



Ingeniería Concurrente →

Figura 4-1. Metodología para implementar la IC en la industria mexicana

La metodología incluye introducción, planeación e implementación de Ingeniería Concurrente para la industria mexicana. Esta metodología fue desarrollada con base al trabajo con cuatro empresas mexicanas una dedicada al diseño y fabricación de dados y troqueles, otra dedicada al ensamble de teléfonos, una tercera dedicada al diseño y fabricación de aires acondicionados y una cuarta dedicada al negocio del acero. También se utilizó información del CERG-IM sobre otros casos con empresas mexicanas de diferentes ramos manufactureros.

En las siguientes secciones se explican de manera más detallada cada uno de los pasos referentes a metodología para la implementación de la IC. En ellas se utiliza casi de manera indistinta los términos ciclo de vida del producto (CVP) y desarrollo del producto, siendo el segundo la ejecución o parte dinámica del primero.

4.3 ETAPA DE INTRODUCCION A LA INGENIERIA CONCURRENTE

Esta etapa es la primera en la metodología y se aprecia en la figura 4-2. Los *objetivos* a alcanzar en esta etapa se explican a continuación:

- Convencer a la empresa. En esta etapa es indispensable convencer a la empresa tanto directivos como distintos responsables de actividades en el CVP de esta filosofía de trabajo para la reducción de costos y tiempo de desarrollo y el aumento de la calidad.

- Establecer visión de la IC. Es necesario crear una visión en la empresa con base en los beneficios de la IC. Esta visión puede ayudar para empezar la selección del proyecto piloto.

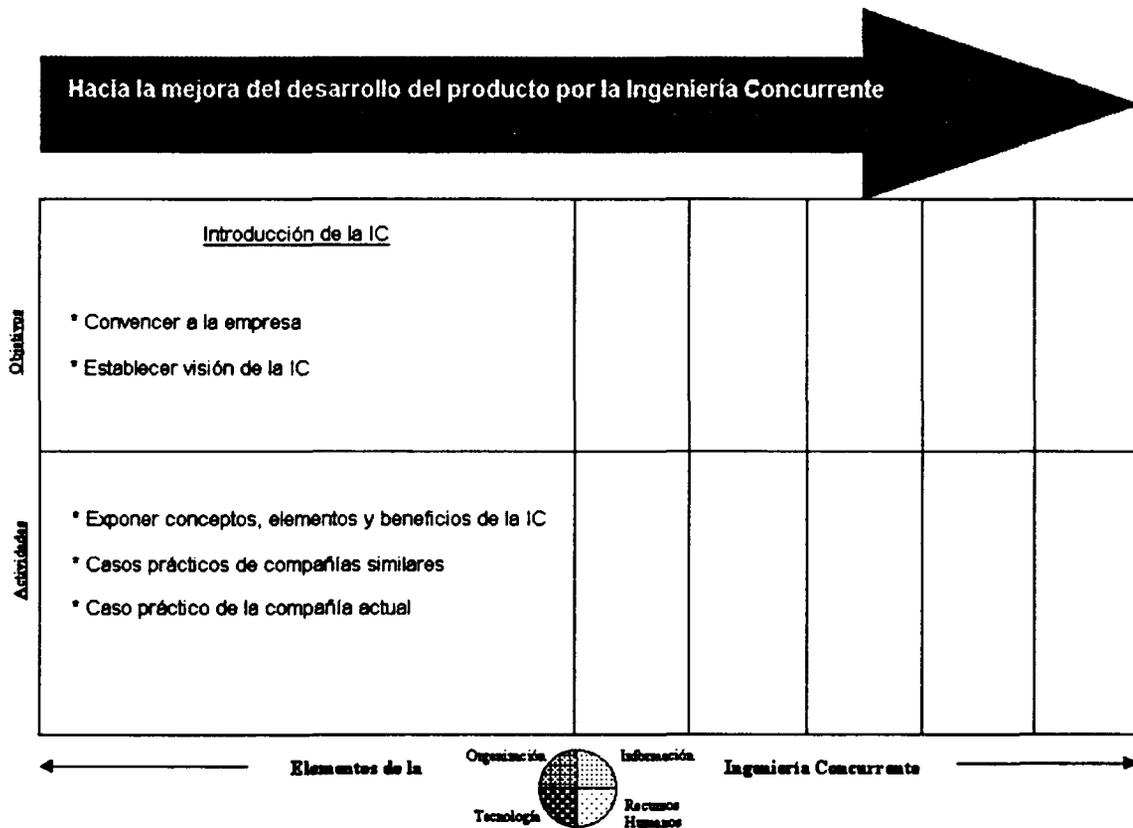


Figura 4-2. Etapa de Introducción a la Ingeniería Concurrente

Para lograr estos objetivos es necesario el apoyo de una persona en la empresa que esté interesada en implementar la IC en la compañía. Esta persona es llamada el “campeón” de la IC y es el que motiva a la empresa y organiza para las juntas de introducción. Eventualmente esta persona se convierte en un asesor para las actividades de implementación de la IC.

Ambos objetivos son necesarios pues de no lograrse la IC no podrá implementarse en la empresa. Para lograr estos objetivos varias *actividades* deben llevarse a cabo en la empresa, estas son:

- Exponer conceptos, elementos y beneficios de la IC. La empresa debe de conocer los fundamentos de la IC para tener una noción básica de la filosofía y de sus beneficios. Estos elementos deben ser expuestos en la empresa por alguien con experiencia en IC.
- Casos prácticos de compañías similares. Las empresas buscan lo práctico y lo real, por tanto el presentar casos de compañías en relación con la IC es de mucha utilidad.
- Caso práctico de la compañía actual. Dependiendo de la situación particular del caso, se puede realizar un análisis breve de la situación actual del desarrollo del producto en la empresa y presentarlo en la misma como un caso práctico. El CERG-IM utiliza en ocasiones un caso práctico resultado de no más de una semana de análisis en los que se aplican las etapas del diagnóstico sin entrar al detalle.

Para la introducción se podría utilizar la información presentada en el capítulo segundo: “Introducción a la IC”, acompañada de información adicional como casos de estudio, talleres de entrenamiento y material con enfoque específico a la compañía.

El autor junto con el CERG-IM sigue en los trabajos con las empresas la siguiente lista de actividades como parte de la etapa de introducción de la IC en la empresa mexicana obteniendo resultados favorables como entendimiento del proceso de desarrollo del producto, identificación de actividades que pueden realizarse en paralelo, conocimiento

del flujo de la información y otros más. Estos pasos representan un ejemplo de cubrir las actividades mostradas en la figura 4-2 para la etapa de introducción:

- Concertar una cita con la Dirección de la empresa y con personas de las diferentes áreas del Desarrollo del Producto.
- Exponer los conceptos básicos, definiciones y elementos de la IC con material de apoyo como el incluido en el capítulo segundo.
- Atender el interés de la compañía por seguir adelante con la Introducción.
- Llevar a cabo un Seminario de IC de 16 horas de duración en el que se cubren los elementos importantes de la IC, información más detallada, talleres y casos prácticos. En el Anexo 5 se muestra el temario de este seminario.
- Atender el interés de la compañía por seguir adelante con una etapa de Diagnóstico más detallado que servirá como base para la Planeación de un proyecto piloto.

La selección del Proyecto Piloto puede empezar a llevarse a cabo desde la Introducción pero antes de la Planeación para la IC que es donde se termina de definir qué producto o familia de productos se seleccionará para este efecto.

4.4 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

El Diagnóstico consiste en evaluar la situación actual del CVP en cuanto a actividades, responsabilidades y requerimientos de información y recursos. Un CVP incluye actividades como las mostradas en la figura 2-1. Pueden existir departamentos en la

empresa con estos nombres o pueden omitirse algunas aunque esto no significa que una empresa que no realice ciertas actividades del CVP no deberá considerarlas ni preocuparse por ellas para su correcta operación o para la implementación de la IC.

Los **objetivos** a alcanzar y actividades a realizar se muestran en la figura 4-3. Los objetivos se explican a continuación:

- Tener una idea clara y estándar del CVP de la empresa, pues es un hecho de que dentro de una misma empresa existen diferentes opiniones del CVP entre personas y actividades, por tanto es necesario entenderlo de manera estándar para que la empresa tenga un punto de referencia.
- Conocer las áreas de mejora del desarrollo del producto con base en los elementos de la IC. Para que la implementación de la IC pueda ser exitosa empezando con el proyecto piloto, es necesario que la empresa cuente con un ambiente adecuado para trabajar bajo el enfoque de la IC. Este ambiente se creará al mejorar diferentes aspectos relacionados con los cuatro elementos de la IC e identificados a lo largo del diagnóstico.

La **actividad** a realizar es un diagnóstico de la práctica actual del desarrollo del producto en la compañía. Para llevar a cabo el diagnóstico de la situación actual del CVP se deben llevar a cabo cuatro etapas:

1. Recolección de datos de la práctica actual del Desarrollo del Producto
2. Representación formal del CVP
3. Evaluación de la práctica actual del CVP

4. Análisis de los datos

Estas etapas del diagnóstico se explican en las siguientes secciones a detalle.

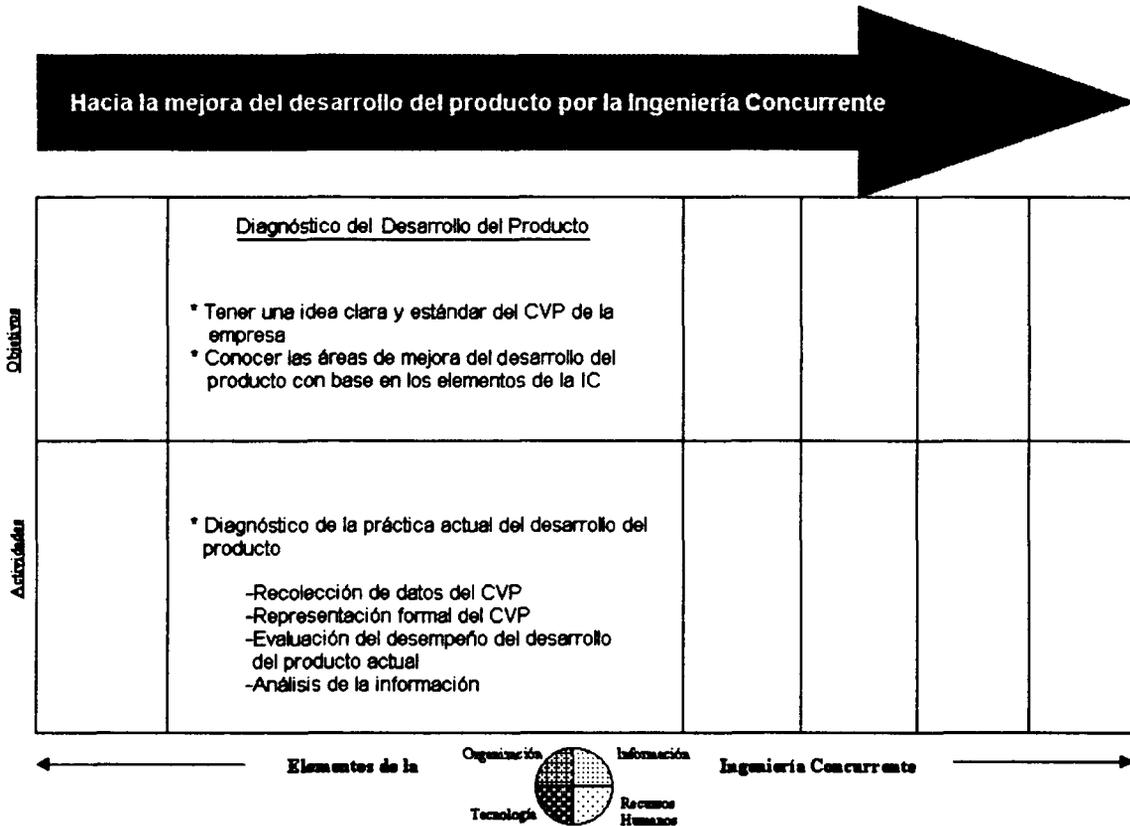


Figura 4-3. Etapa de Diagnóstico del Desarrollo del Producto

4.4.1 Recolección de datos de la práctica actual del Desarrollo del Producto

Para llevar a cabo esta recolección de datos es recomendable seleccionar un proyecto (producto o familia de productos) el cual la compañía esté interesada por estudiar y realizar entrevistas a las personas responsables de los distintos departamentos por las que éste pasó desde su concepción hasta el momento presente. Además es importante contar

con una lista de las actividades llevadas a cabo para la realización de este proyecto y la estructura organizacional de la compañía, para entender el funcionamiento organizacional de la empresa y localizar a las personas a las que se entrevistará.

Es necesario tener cuidado de que la gente entrevistada no haga referencia a situaciones teóricas sino a la situación real. La información que se debe de recabar de cada persona es la siguiente:

- **Cómo empezó el proyecto**
- **En qué parte del proyecto se solicitó la participación de esta función (persona entrevistada)**
- **Actividades que realiza cada función en el proyecto (no las que debe de realizar)**
- **Lista de cada uno de los inputs o entradas que *requiere* cada función para su trabajo actual, tanto de *información* como de *materiales*, además de las entradas que actualmente *recibe*. Ambos aspectos deben de estar explicados en términos de tipo (contenido y clasificación), formato y tiempo tanto para las entradas requeridas como para las recibidas. Asimismo es necesario conocer las capacidades y limitaciones de la función actual en cuanto a información y recursos**
- **Lista de los requerimientos de información y de materiales de la función siguiente en el CVP así como sus responsabilidades. Esta lista debe ser proporcionada por la persona entrevistada.**
- **A qué otras áreas del CVP impactan las decisiones tomadas por esta función**
- **Cómo se asegura el cumplimiento de los requerimientos de cliente (Voz del Cliente)**
- **Si existe el trabajo en equipo multidisciplinario en la empresa y cómo funciona**

- Qué hizo falta para que las actividades realizadas por esta función en el proyecto se hubieran realizado más rápido y mejor
- En qué medida la experiencia y el conocimiento obtenidos en los diferentes proyectos se documentan y en qué medida esta información es utilizada para prevenir y resolver más rápido problemas en el futuro.

4.4.2 Representación formal del CVP

Los datos recolectados no serán de gran utilidad si no se les puede visualizar de una manera correcta. Por esta razón se sugiere realizar un modelado de actividades para representar de manera gráfica la información a obtener. Este Diagnóstico involucra un *modelado de las actividades* del CVP para un mejor entendimiento del mismo. La técnica para modelar empresas *IDEF0* fue utilizada por el autor y por el CERG-IM en los casos estudiados y es de gran utilidad para representar la información de un CVP gráficamente. Un ejemplo se muestra en la figura 4-4. El análisis en IDEF0 no representa el análisis completo de la situación, pero sí una parte importante del mismo.

El IDEF0 se explica más adelante en el Anexo 2 pero sólo como generalidad para entender la figura 4-4 las flechas representan flujo de información y materiales. Cada “caja” representa una actividad del CVP que puede descomponerse en más actividades. En el lado izquierdo de cada caja representa las *entradas* de la actividad, el lado derecho sus *salidas*, la parte inferior la gente y tecnología requeridas (*mecanismos*) y la parte superior los *controles* que regulan el trabajo de cada actividad.

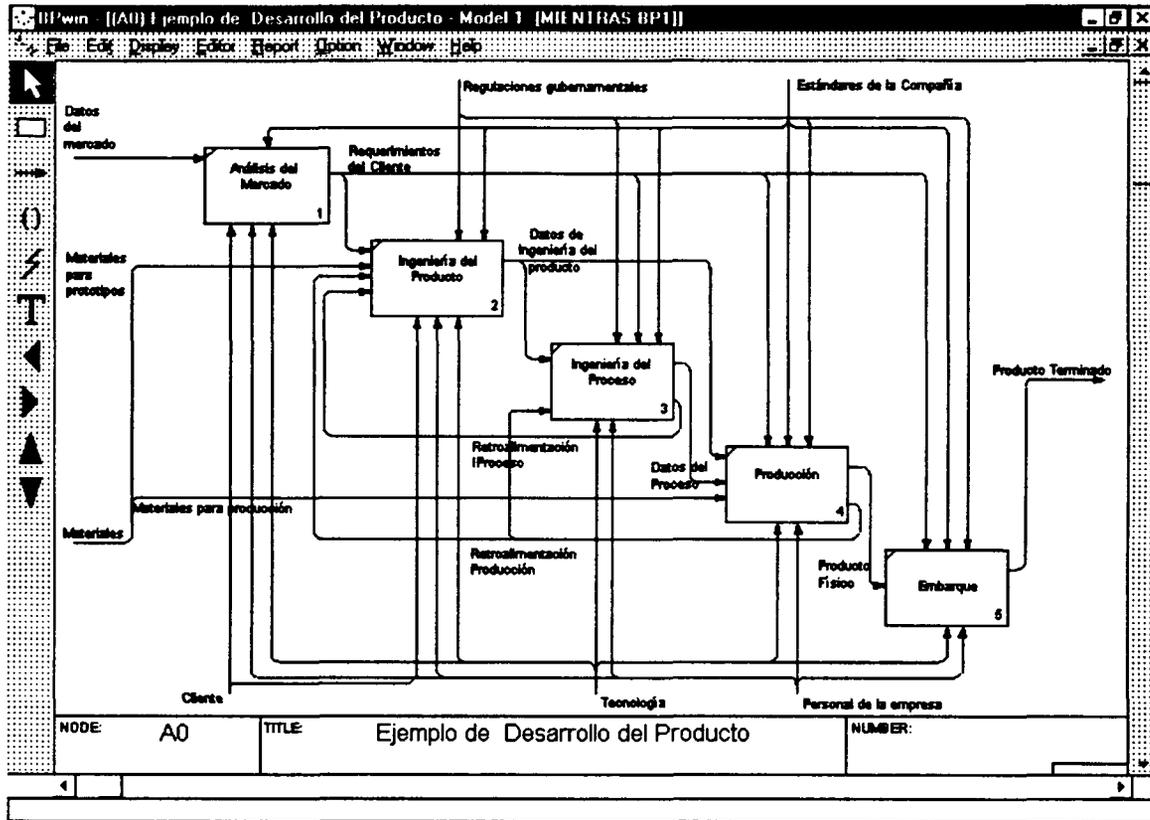


Figura 4-4. Ejemplo de representación formal del Desarrollo del Producto

En el modelo de la figura 4-4 se presenta un ejemplo de un desarrollo del producto con las actividades de: Análisis de Mercado, Ingeniería de Producto, Ingeniería de Proceso, Producción y Embarque y Servicio al Cliente. Estas actividades se descomponen en otras subactividades específicas en diagramas diferentes. En este modelo se puede observar que existe una gran cantidad de *retroalimentaciones* generalmente producto del fenómeno de “comunicación sobre la pared” explicado en el capítulo segundo que provoca errores y retrasos.

Otro ejemplo de un Desarrollo del Producto en una empresa bajo el enfoque de IC se incluye en la figura 4-5. En esta figura se aprecia que un equipo multifuncional de trabajo es responsable de todo el CVP para evitar la existencia de comunicación sobre la pared y considerar el impacto de las decisiones sobre otras áreas del CVP antes de tomarlas (pues el equipo incluye al menos las áreas de mercadotecnia, ingeniería del producto y manufactura y puede abarcar todas las áreas críticas dependiendo de las características específicas de la empresa y producto). Este no es un ejemplo irreal, pues el autor ha visto este tipo de ejemplos en empresas mexicanas que son parte de compañías internacionales. No obstante, aún en organizaciones donde es parte de la filosofía de la empresa el trabajo en equipo multifuncional éste es difícil de llevarse a cabo. En la figura 4-5 se omiten los mecanismos por simplicidad.

Además en la figura 4-5 se muestra que se puede ir trabajando con la definición y planeación del proceso aún desde la definición del producto, pues como ambas partes están incluidas en el equipo pueden hacer su trabajo en paralelo y no esperar hasta que esté terminada la ingeniería del producto para hacer la ingeniería del proceso.

Los beneficios de la técnica IDEF0 incluyen:

- 1) La representación gráfica de las actividades del CVP
- 2) El conocimiento del impacto de una actividad en otra
- 3) La identificación de los dueños o responsables de cada actividad
- 4) La identificación de los requerimientos de información y recursos
- 5) La apreciación del flujo de información entre las actividades del CVP

6) La identificación de actividades que podrían realizarse en paralelo

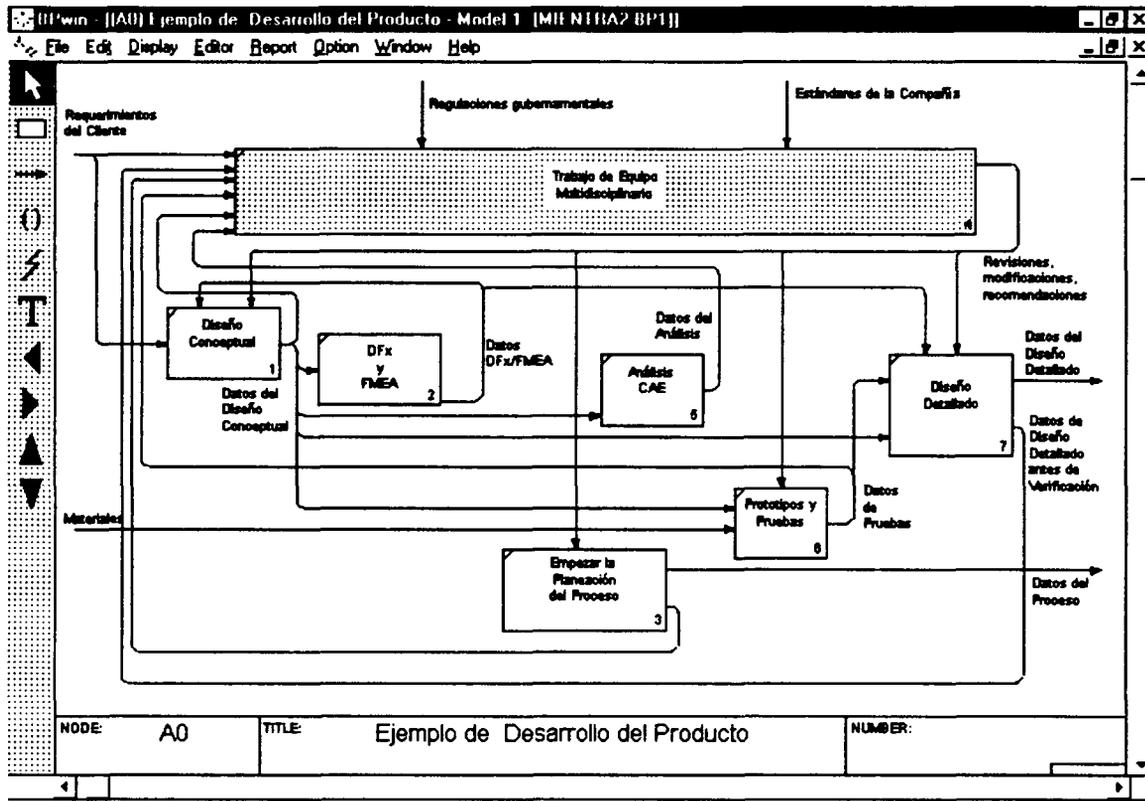


Figura 4-5. Práctica del Desarrollo del Producto apoyada por un equipo multidisciplinario

Además de utilizar el IDEF0 para representar de manera formal el desarrollo del producto de la empresa, se puede realizar en paralelo una evaluación del desempeño del mismo. Una herramienta para lograr este propósito se presenta en el siguiente punto.

4.4.3 Evaluación de la práctica actual del CVP

El autor presenta una Herramienta de Evaluación para medir el desempeño de la práctica actual del desarrollo del producto. Esta herramienta es asimismo un mecanismo iterativo

de mejora, es decir es una herramienta para la Mejora Continua, pues al aplicarse antes y después de la ejecución del proyecto piloto y otros proyectos se pueden revisar los cambios en el desempeño. Su aplicación debe hacerse en paralelo a la realización del diagnóstico pues no sólo tienen en común algunos datos sino que ambas sirven la planeación del Proyecto Piloto.

La herramienta consiste en una encuesta que incluye una serie de puntos que se refieren a la condición actual de la Organización, Información, Recursos Humanos y Tecnología que apoyan el trabajo de un equipo multidisciplinario en un ambiente de IC. La evaluación de esta condición actual está orientada hacia la práctica del desarrollo del producto de la empresa mexicana. Una copia completa de la herramienta se incluye en el Anexo 4.

La herramienta ha de *aplicarse a personas de todas las áreas del Desarrollo del Producto (CVP)* por lo menos a las que intervienen en el proyecto analizado, para obtener información proveniente de puntos de vista de todas las funciones que la componen. Los puntos se evalúan en *seis condiciones de operación*: muy mala, mala, regular, buena, excelente y cuando la opción no aplica a la condición particular de la empresa. Estas condiciones de operación reflejan el funcionamiento de los cuatro aspectos de la estructura de la IC: organización, información, recursos humanos y tecnología.

La parte de Organización se compone de 9 puntos a evaluar:

- O1. Entendimiento del Ciclo de Vida del Producto

- O2. Conocimiento de la IC
- O3. Integración del equipo de trabajo.
- O4. Trabajo del equipo
- O5. Documentación de la experiencia y conocimiento
- O6. Enfoque al cliente
- O7. Proveedores
- O8. Aplicación de enfoques de apoyo, como el QFD, DFX, FMEA
- O9. Apoyo de la gerencia

La parte de Recursos Humanos se compone de 3 puntos a evaluar:

- R1. Motivación
- R2. Educación y entrenamiento
- R3. Empowerment

La parte de Información se compone de 3 puntos a evaluar:

- I1. Administración y uso de datos del producto
- I2. Intercambio de datos
- I3. Documentación y administración de las capacidades de manufactura y recursos

La parte de Tecnología se compone de 2 puntos a evaluar:

- T1. Infraestructura tecnológica
- T2. Adquisición de tecnología

Estos puntos se evalúan en un formato como el presentado a continuación.

Organización

O1. Entendimiento del Ciclo de Vida del Producto. Conozco y entiendo las actividades del Ciclo de Vida del Producto en la empresa incluyendo las actividades que deben ser realizadas con los proveedores y clientes.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O2. Conocimiento de Ingeniería Concurrente (IC). Conozco el concepto, herramientas y elementos de la filosofía de IC.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O3. Integración de equipos multidisciplinarios. La empresa trabaja con equipos multidisciplinarios a lo largo de todo el desarrollo del producto. Los miembros del equipo (por función, área o departamento) siempre son los mismos en cada junta. La gente que inicia el proyecto no deja el equipo hasta que termina el proyecto.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O4. Trabajo del equipo. El líder transmite al equipo las expectativas de la dirección respecto al proyecto. El líder realiza junto con el equipo un programa para el cumplimiento del proyecto al inicio del mismo que el equipo sigue.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O5. Documentación de la experiencia y conocimiento. El equipo se encarga de la documentación de la experiencia y conocimiento de todo acontecimiento importante que sucede durante su trabajo. En problemas similares a problemas pasados esta documentación es consultada al resolver los problemas.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O6. Enfoque al Cliente. Conozco los requerimientos del cliente final. El cliente es involucrado en el desarrollo del producto. Se utilizan procesos óptimos para encontrar, capturar y propagar los requerimientos del cliente.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O7. Proveedores. Las capacidades del proveedor(es) son conocidas en la empresa. El proveedor es involucrado en el desarrollo del producto. Los proveedores se seleccionan al inicio del PLC de acuerdo a sus capacidades.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O8. Enfoques de apoyo. En la empresa se conocen y aplican correctamente y como parte de la cultura de trabajo los enfoques de QFD, DFX y FMEA.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

O9. Apoyo de la Gerencia. La gerencia ha mostrado compromiso real apoyando altamente al equipo. La gerencia ve al trabajo en equipos multidisciplinarios como una estrategia a largo plazo para mejorar el desempeño del desarrollo del producto.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

Información

I1. Datos del producto. La información de los productos es correctamente administrada y controlada. La información de los productos es actualizada y es compartida con el equipo a lo largo del ciclo de vida del producto.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

I2. Intercambio de datos. Existe la necesidad de intercambiar datos entre diferentes sistemas CAD,CAM y/o CAE. El intercambio de datos se lleva a cabo satisfactoriamente.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

I3. Capacidad de manufactura. La información de las capacidades de los procesos de manufactura está correctamente documentada y es correctamente entendida por toda la compañía.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

Recursos Humanos

R1. Motivación. Existe motivación en el equipo para cumplir con las responsabilidades, para asistir a las juntas, para aportar a las decisiones del proyecto.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

R2. Educación y entrenamiento. La capacitación y entrenamiento recibido fue el adecuado para realizar correctamente el trabajo. Todos los miembros del equipo recibieron esta capacitación en los inicios del proyecto.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

R3. Empowerment. La gente tiene el conocimiento y el poder para hacer cambios en el proyecto. La autoridad y confianza para tomar decisiones del equipo aumenta con el tiempo. El equipo depende cada vez menos de sus superiores. El equipo lleva a cabo sus propias acciones correctivas cuando surgen problemas graves.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

Tecnología

T1. Infraestructura tecnológica. Como miembro del equipo cuento con la infraestructura tecnológica adecuada para realizar correctamente mi trabajo.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

T2. Adquisición de tecnología. Un equipo multidisciplinario participa en las decisiones de adquisición de tecnología.

Muy mal	Mal	Regular	Bien	Excelente	No aplica
---------	-----	---------	------	-----------	-----------

Los resultados de las encuestas aplicadas se promedian en base a un valor numérico para cada categoría: un 1 para una condición muy mala hasta un 5 para una condición excelente; asimismo un cero cuando la condición no aplica. Este mapa posee círculos concéntricos para cada una de las condiciones de operación en que se pueden evaluar las alternativas. El primer círculo interior correspondería a la condición muy mala, el segundo a la condición mala y el último, el círculo exterior, a la condición excelente. Este mapa se puede apreciar en la figura 4-6. La situación de “no aplica” se grafica con un valor de cero, como se explica en el apéndice 4 y se muestra en la figura 4-6. El mapa contiene una explicación de cada elemento graficado y de cada valor obtenido en los cinco círculos del mismo.

El propósito de esta evaluación será diagnosticar la situación actual del desarrollo del producto para tomar acciones de mejora en los niveles de evaluación de los cuatro aspectos presentados que son los elementos de la IC.

Al concluir un proyecto piloto o cualquier proyecto posterior para la implementación de la IC la herramienta debe aplicarse de nuevo, esto con el fin de comparar los resultados obtenidos con los anteriores para evaluar las mejoras alcanzadas y para revisar el avance hacia tener todos los puntos en el nivel excelente. Entre mejor sea la evaluación mejor serán las condiciones para la práctica de la IC. Los resultados de la práctica de la IC se medirán en términos de aumento en calidad y disminución de costos y tiempo en los proyectos y dependerán directamente de las condiciones existentes para su desempeño.

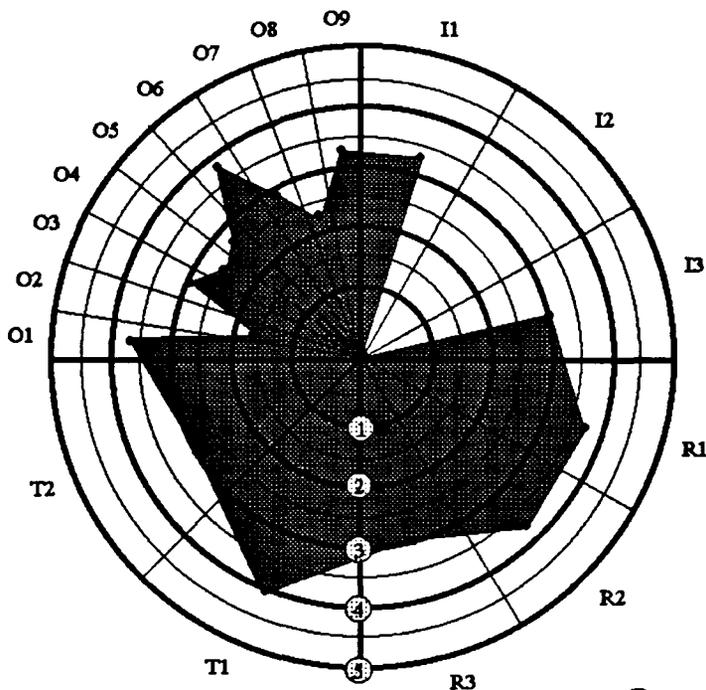
Organización

Evaluación del Desempeño del Desarrollo del Producto de Empresa A

Información

- O1 Entendimiento del CVP
- O2 Conocimiento de la IC
- O3 Integración de equipos
- O4 Trabajo de equipo
- O5 Documentación y uso de experiencia
- O6 Enfoque al cliente
- O7 Involucramiento de proveedores
- O8 Aplicación de enfoques QFD, DFx, FMEA
- O9 Apoyo de la gerencia al equipo
- I1 Administración y uso de datos del producto
- I2 Intercambio de datos
- I3 Documentación y uso de las capacidades de manufactura
- R1 Motivación
- R2 Entrenamiento y capacitación
- R3 Empowerment
- T1 Infraestructura tecnológica
- T2 Adquisición de tecnología

- ① Muy mal ④ Bien
- ② Mal ⑤ Excelente
- ③ Regular



Tecnología

Recursos Humanos

Figura 4-6. Representación gráfica de la Herramienta de Evaluación

Como se aprecia en la figura 4-6 la empresa evaluada para este ejemplo presenta muchas áreas de oportunidad en los cuatro fundamentos de la estructura de la IC, tanto en el aspecto organizacional como en los aspectos de información, tecnología y recursos humanos. El entendimiento del CVP es regular y se tiene un conocimiento muy pobre (muy malo) de la IC. La integración de los equipos, su trabajo y la documentación de la experiencia, se encuentran por debajo de la línea 3 (regular) es decir se encuentran en un nivel malo, lo mismo que el involucramiento de proveedores y el uso de enfoques. El enfoque al cliente, el apoyo de la gerencia, el uso de datos del producto y de las capacidades de manufactura, la motivación, entrenamiento y capacitación y la

infraestructura tecnológica se encuentran por debajo de la línea 4 y por encima de la 3 en los terrenos de un desempeño regular. La dirección de la empresa podrá visualizar el desempeño de ésta y deberá realizar un plan de acciones al respecto conociendo la dirección y la magnitud de la mejora.

La Herramienta de Evaluación no trabaja por sí sola, sino que se complementa con el Diagnóstico. Por ejemplo, si la infraestructura tecnológica no es la adecuada, el modelado de análisis realizado en IDEF0 mostrará los requerimientos y dificultades de la tecnología específica en los mecanismos. Si el enfoque al cliente no es suficiente, el IDEF0 mostrará en qué etapas del ciclo de vida del producto es el cliente realmente involucrado o tomado en cuenta.

4.4.4 Análisis de los datos

El análisis de los datos consistirá en identificar las áreas de mejora con base en la representación del IDEF0 expuesta en el punto 4.4.2 y en cuanto a la estructura de la IC expuesta en el punto 4.4.3. Estas áreas de mejora se ubican en:

1. Anomalías en responsables de actividades en el CVP
2. Anomalías en el flujo de información del CVP
3. Requerimientos de información y recursos
4. Actividades que pueden realizarse en paralelo
5. Areas de oportunidad en el aspecto Organizacional de la IC

6. Areas de oportunidad en el aspecto de la Información de la IC
7. Areas de oportunidad en el aspecto de Recursos Humanos de la IC
8. Areas de oportunidad en el aspecto Tecnológico de la IC

Los primeros cuatro puntos son resultado de la representación del IDEF0, los últimos cuatro son resultado de la evaluación de la práctica actual del Desarrollo del Producto. Estos dos casos se ejemplifican a continuación.

4.4.4.1 Análisis de datos con base al IDEF0

Es recomendable utilizar la información del IDEF0 junto con una explicación para cada uno de los diagramas para la gente que no está familiarizada con la técnica. Es decir, en media página se puede exponer el diagrama IDEF0 para una actividad específica y en la otra mitad de la página se hace una explicación en texto de la práctica y las áreas de oportunidad. Todo punto observado deberá cotejarse con la dirección de la compañía antes de dejarse por escrito de forma definitiva.

Un ejemplo de los puntos a identificar en el análisis es el de actividades que pueden realizarse en paralelo. Este ejemplo se incluye en la figura 4-7. En esta figura se tienen tres actividades que como entrada sólo requieren cierto dibujo, al tener este dibujo las tres actividades pueden realizarse en paralelo puesto que no necesitan ninguna otra entrada adicional. Este tipo de situaciones no pueden distinguirse tan fácilmente si la empresa está acostumbrada a un ritmo de trabajo secuencial que generalmente parece normal.

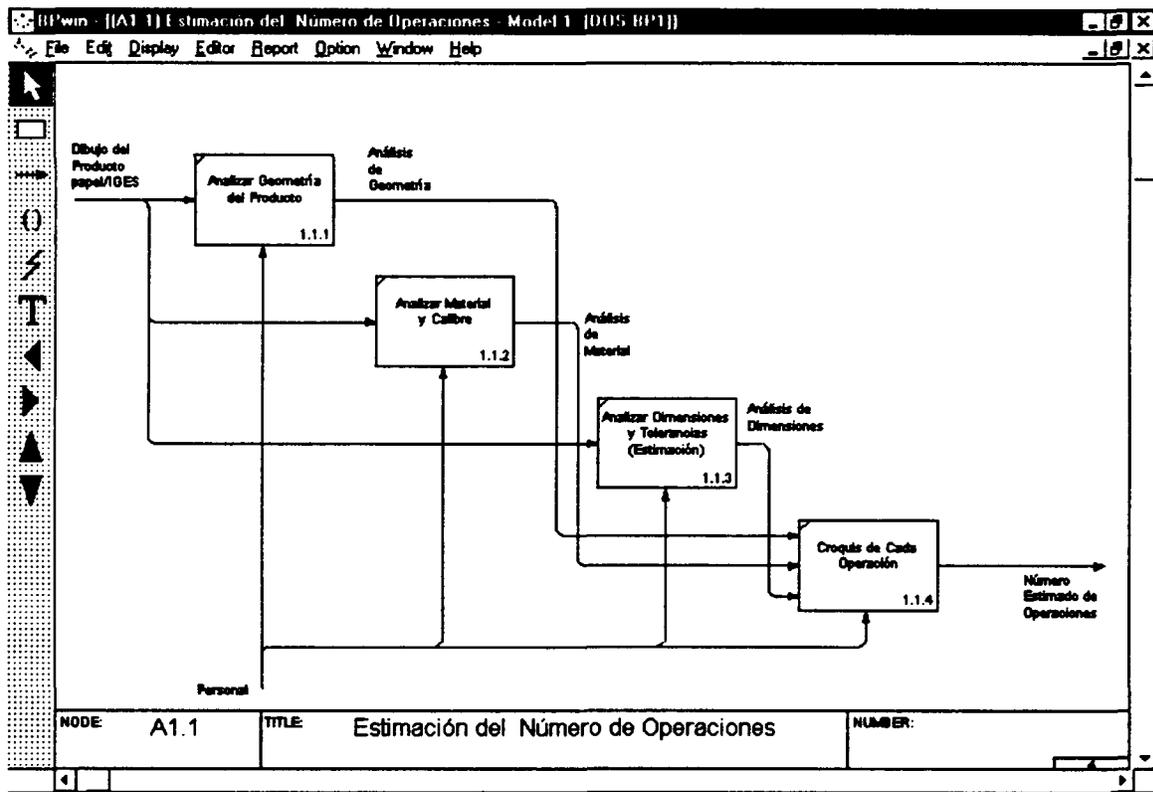


Figura 4-7. Ejemplo de actividades que pueden realizarse en paralelo.

La mayoría de los beneficios del IDEF0 se ejemplifican por los mismos elementos de esta herramienta: entradas y salidas de información y materiales, mecanismos (gente y tecnología) que realizan las actividades y controles las que regulan.

Otro ejemplo, ahora de requerimientos de información y recursos, se muestra en la figura 4-8. El intercambio de datos es crítico en este aspecto pues existen actividades que utilizan tecnologías diferentes y al momento de comunicarse entre sí se pierde información por manejar diferentes formatos o tiempo al re-construir la información desde cero al no haber la debida comunicación entre plataformas tecnológicas.

La figura 4-8 muestra un ejemplo en el que un departamento “Ingeniería de Desarrollo del Molde” se encarga de hacer un diseño de un molde para inyección de plásticos en AutoCAD, pero la siguiente actividad “Maquinado del Molde” utiliza MasterCAM y como las tecnologías no son compatibles los ingenieros del maquinado del molde tienen que re-dibujar el molde en MasterCAM derivándose pérdidas de tiempo y sus traducciones en costos. Por tanto se necesita un mecanismo de comunicación entre ambas tecnologías.

De esta manera para la integración de la información (la información correcta en el lugar, momento y formato correctos) es necesario contar con la tecnología adecuada para intercambiar datos de una manera ágil. Algunos estándares para el intercambio de datos se explican de manera general en el Anexo 3.

Otra opción a considerar en este caso particular sería estandarizar el software utilizado, por ejemplo los dibujos se reciben en ProE y se pasan a AutoCAD para hacer el dibujo del molde y para la manufactura del mismo se usa MasterCAM, cuando una versión

adecuada del ProE puede cumplir satisfactoriamente con las tres funciones. Esta consideración es válida dependiendo de los recursos de la compañía.

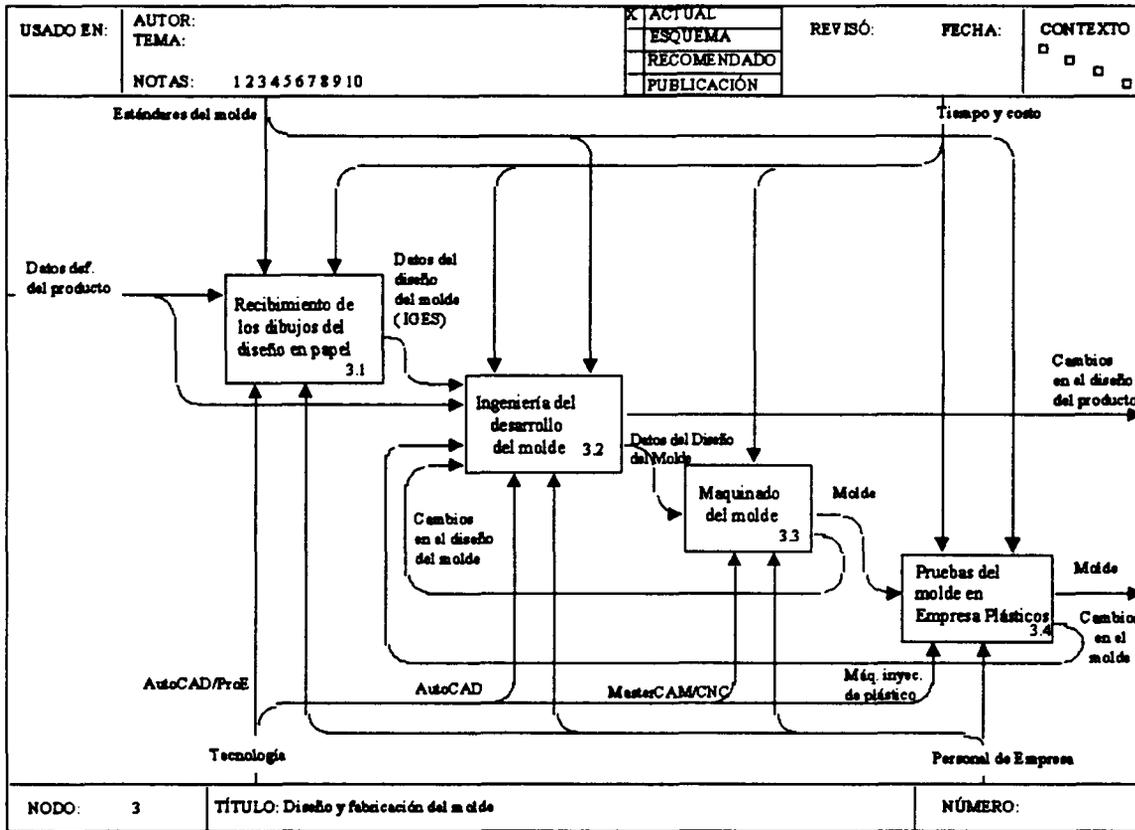


Figura 4-8. Ejemplo de Requerimientos de Tecnología

4.4.4.2 Análisis de los datos con base en la Evaluación del Desempeño

El análisis con base a la Evaluación del Desempeño actual del Desarrollo del Producto es aún más sencillo. Para este efecto se cuenta con los puntos evaluados y la calificación obtenida en cada uno de ellos. Además dado que para la evaluación y el modelo gráfico se conoció y analizó la situación particular del CVP, entonces se pueden encontrar puntos como los siguientes dado el caso particular tratado:

- Si la documentación de la experiencia y el conocimiento no es satisfactoria pudiera deberse a que no existe una fuente de datos de la misma (puede ser electrónica), o a que la fuente de datos no es actualizada, o que ésta no es utilizada como base para la toma de decisiones.
- Si la aplicación de enfoques de apoyo no es la adecuada el analista deberá conocer cuál es el enfoque(s) en el cual se debe capacitar a la gente por el diagnóstico realizado.
- Si los datos del producto no están contenidos en una fuente de datos o las capacidades de manufactura y recursos no son conocidas o no están actualizadas, entonces el analista (que deberá tener conocimientos sobre IC) podrá sugerir soluciones de acuerdo a las características de la compañía.
- Si la educación y el entrenamiento del personal del CVP no es el adecuado el analista deberá saber en qué áreas es necesario enfocarse para mejorar este punto con base al diagnóstico realizado.

La Herramienta de Evaluación ha sido aplicada a tres casos por el CERG-IM y los resultados obtenidos se muestran en la figura 4-9. Se pueden acomodar los datos en un formato más presentable como el presentado en la figura 4-6, pero por simplicidad el autor y el CERG-IM utilizan un formato desarrollado en Excel para obtener los mapas presentados en la figura 4-9. Las compañías a quienes se aplicó la herramienta son:

- Empresa A. Dedicada al ensamble de aparatos telefónicos.
- Empresa B. Dedicada al diseño y fabricación de aires acondicionados.
- Empresa C. Fabricante de sistemas aislados prefabricados para los mercados de construcción industrial, comercial y habitacional, proyecto más reciente del CERG-IM que al término de esta tesis aún no había concluido.

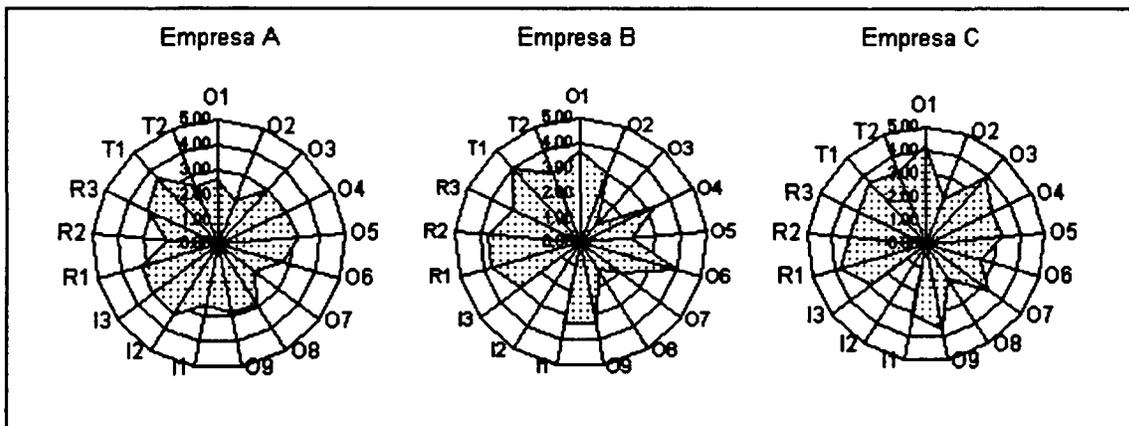


Figura 4-9. Tres casos de aplicación de la Herramienta de Evaluación

En estas aplicaciones se puede apreciar que existen oportunidades de mejora en todas las áreas de la estructura de la IC en las empresas evaluadas, especialmente en: O2, conocimiento de la IC; O3 y O4, integración y trabajo de equipos multidisciplinares; O8,

aplicación de enfoques de apoyo; I2, en el intercambio de datos entre las diferentes actividades del desarrollo del producto. Como se puede apreciar en estos casos el desarrollo del producto en las empresa mexicanas evaluadas se encuentra entre una práctica regular y buena, el mejorar este desempeño es clave para proveer un ambiente adecuado para el equipo de IC.

Después de haber obtenido resultados del análisis de la práctica actual del desarrollo del producto, se puede proceder a hacer la planeación para la implementación de la IC que incluye al proyecto piloto.

4.5 PLANEACION PARA LA INGENIERIA CONCURRENTES

Esta etapa es la tercera a contemplar dentro de la metodología de implementación de IC. La planeación contiene varias actividades y objetivos a cubrir que están incluidos en la figura 4-10 y que se explican a continuación. Los *objetivos* a cubrir son:

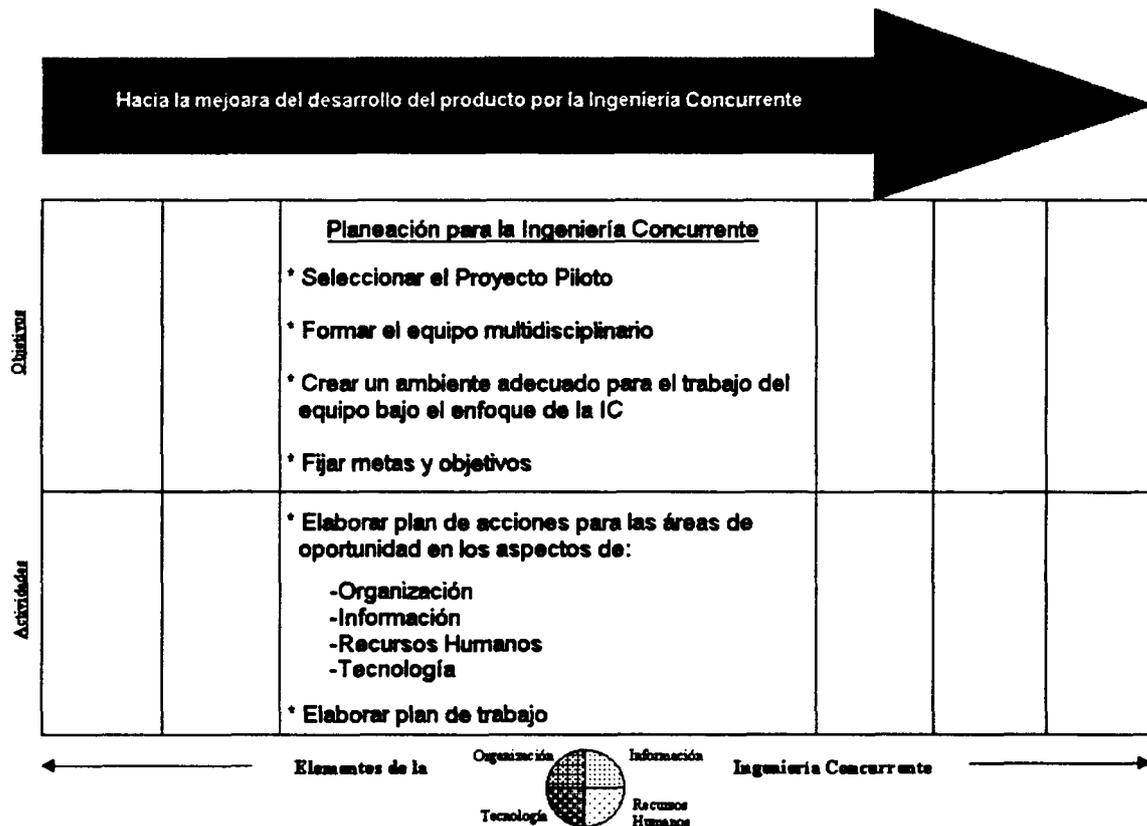


Figura 4-10. Etapa de Planeación para la Ingeniería Concurrente

- **Seleccionar el proyecto piloto.** El proyecto piloto deberá ser elegido por un Comité Directivo, algunos puntos de este comité se explican en el siguiente capítulo que incluye consideraciones a tomar para la etapa de Planeación. Este proyecto debe de ser de relativamente bajo riesgo, que se encuentre al inicio de su ciclo de vida en la empresa y del cual la empresa ya posea alguna experiencia.
- **Formar el equipo.** La dirección de la empresa elegirá al líder del equipo, y estos dos junto con los gerentes funcionales de las distintas áreas de la empresa elegirán a los miembros del equipo. El equipo y el líder podrán elegir un equipo de apoyo para el proyecto. Asimismo el “campeón” de IC servirá de ayuda en el trabajo. Estos puntos se detallan más adelante en el capítulo quinto

- Crear un ambiente de trabajo adecuado para el trabajo del equipo bajo el enfoque de la IC. Esto es porque los puntos observados como áreas de oportunidad en el diagnóstico del desarrollo del producto deben de mejorarse antes de empezar el proyecto piloto en la magnitud que la empresa considere necesario. Asimismo durante el proyecto estos puntos irán mejorando y esto se reflejará en la evaluación posterior al término del proyecto.
- Fijar metas y objetivos. La empresa deberá fijar ciertas metas y objetivos para el proyecto piloto mismas que se revisarán al término del proyecto.

La primera *actividad* a seguir es elaborar un plan de acciones para las áreas de oportunidad en los aspectos de organización, información, recursos humanos y tecnología. Este plan debe de seguirse antes de la ejecución del proyecto piloto. Los beneficios pueden alcanzar otras áreas de la empresa pero deben enfocarse al proyecto piloto. Las áreas de oportunidad se deben de mejorar antes y seguirán mejorando durante el proyecto piloto. Por ejemplo, si el equipo no cuenta con información de las capacidades de manufactura y recursos o información de productos similares, éstas deberán documentarse antes del proyecto y el equipo deberá consultarlas y actualizarlas al término de este.

El lector podría pensar que si se mejoran estos puntos sin la intención de implementar la IC ya se tiene algo ganado pues se mejoraría el desempeño del CVP; pero los resultados de ninguna manera se verían maximizados si no es bajo el enfoque de la IC porque de lo contrario la “comunicación sobre la pared”, explicada en el capítulo 2, el trabajo

secuencial y todas las fallas acarreadas por ellos no permitirían que estos resultados fueran realmente significativos. La IC depende de la cultura de la gente, es por eso que el desempeño del CVP debe mejorarse bajo el enfoque de la IC, que contempla esta cultura y es (debe ser, para su éxito) apoyada por la Dirección de la empresa.

El capítulo siguiente presenta como un apoyo en la selección del equipo de trabajo y de la gente que tendrá relación con el mismo, así como para el aspecto de herramientas de apoyo a la IC, algunas consideraciones del equipo y de la tecnología que servirán de ayuda para la planeación de la IC y del proyecto piloto. En el capítulo segundo se hacen algunas recomendaciones en cuanto a las estructuras de equipo más apropiadas para la empresa mexicana.

La segunda **actividad** a seguir es la elaboración de un plan de trabajo. Este plan de trabajo debe incluir las distintas actividades a realizar en el proyecto piloto a través de las etapas de su ciclo de vida como lo muestra la figura 4-11. Las actividades en recuadro son opcionales pues en algunos casos no aplica el prototipo de productos, por ejemplo, pero la idea es tener formalmente el plan de lo que se hará contemplando que para cada etapa debe realizarse un documento que deberá revisar la dirección de la empresa (Gate, representado por el círculo y la letra G en la figura 4-11). *En esta revisión se dará paso a la siguiente etapa o el proyecto tendrá que corregirse o en el peor de los casos, rechazarse. Estos documentos deben adaptarse a la situación particular del proyecto, entre paréntesis se indica qué es lo que se debe revisar en cada uno.* Asimismo se incluye para cada actividad el involucramiento respectivo de clientes (OEM) y

Los puntos contenidos en la figura 4-11 se explican brevemente a continuación junto con una breve descripción de su situación en México, para llevar a la empresa a estudiar la posibilidad de avanzar en las áreas en las que la industria mexicana es débil todavía:

- **Estudios de mercado.** Para recolectar datos de necesidades, oportunidades y tendencias. Esta parte es común en la industria mexicana.
- **QFD.** Despliegue de la función de calidad o casa de la calidad, explicada más ampliamente en el anexo 1. La empresa mexicana es muy débil en la aplicación del QFD y no existe una cultura todavía de su aplicación como enfoque de apoyo al desarrollo del producto.
- **Focus group.** Grupo de clientes seleccionado por la empresa para analizar su comportamiento ante distintos productos de la misma. Es una práctica generalmente común en la empresa mexicana.
- **Diseño conceptual.** Etapa en donde se define la idea general o el concepto del producto a manufacturar con base en los requerimientos del cliente. Práctica común.
- **DFx/FMEA.** Diseño para X, para cualquier factor importante para la empresa como manufactura o ensamble; y Análisis de Modos y Efectos de Falla para prevenir las fallas que pudiera tener el producto. Explicados más ampliamente en el anexo 1. Mucha oportunidad de mejora existe en este punto, pues ambos enfoques generalmente no son aplicados correctamente en la empresa mexicana.
- **Análisis CAE.** Análisis de esfuerzos, torsión, moldeo y otras pruebas que aseguran la confiabilidad del producto con apoyo computacional. Por el factor económico existe mucho camino por recorrer en esta parte en México pues se requiere tanto equipo como programas especializados.

- **Prototipos y pruebas.** Elaboración de partes físicas para realizar las primeras pruebas del producto. Otro aspecto en el que México empieza a crecer es en el área de prototipos rápidos.
- **Diseño detallado.** Diseño final del producto después de su análisis y prueba. Práctica común, aunque generalmente de manera secuencial y “sobre la pared”.
- **Definición del proceso.** Definición del proceso con el cual el producto será fabricado. Práctica común aunque generalmente secuencial.
- **Análisis de capacidades.** Análisis de capacidades de procesos y recursos de manufactura para fabricar el producto de acuerdo con el proceso definido y las características del producto. No existe una cultura del análisis de capacidades desde las etapas de diseño y definición de producto.
- **Revisión de dibujos técnicos.** Revisión con el proveedor de las características del producto para verificar su capacidad para proveer el material y equipo correcto. El involucramiento de proveedores clave es una práctica generalmente común.
- **Desarrollo de herramientas.** Si no existen herramientas disponibles es necesario desarrollarlas siempre y cuando el proyecto sea factible. Práctica común aunque frecuentemente la empresa mexicana fabrica herramientas sin haber hecho un análisis adecuado de sus capacidades.
- **Otras inversiones importantes.** Incluyendo máquinas y equipo previamente analizado. Las mismas consideraciones del punto anterior se pueden hacer en este.
- **Corridas piloto y pruebas.** Producción de bajo volumen para realizar pruebas de campo.
- **Producción liberada.** Corrida final de producción.

- Embarque. Envío del producto al cliente.
- Servicio post-venta. Mantenimiento, asesoría y retroalimentación del cliente respecto al producto ofrecido.

Asimismo en la figura 4-11 se incluyen dos actividades que se realizan durante la revisión de la dirección que son el estudio de factibilidad antes de hacer las inversiones y las corridas de prueba y una auditoría al final del primer año de producción para evaluar el comportamiento del producto en manos del cliente. *También se puede observar en la figura 4-11 que el costo de realizar cambios en el producto es mucho mayor conforme se avanza en las actividades de su ciclo de vida, de aquí la importancia de considerar el impacto de las decisiones en las demás áreas del desarrollo del producto.*

En cada revisión o “gate” será necesario verificar además del aspecto técnico y financiero los siguientes puntos:

- Se mantiene el enfoque al cliente
- Se contempla la reducción de riesgos
- Se monitorea el progreso de indicadores técnicos de desempeño
- Se monitorea la calidad y terminación de actividades
- El equipo está trabajando completo
- Hay confianza de avanzar a la siguiente etapa

Después de planeado el proyecto piloto, creado el ambiente para el trabajo del equipo, establecido el plan de trabajo y hecho las debidas consideraciones para su administración, el siguiente paso es la ejecución del mismo.

4.6 EJECUCION Y EVALUACION DEL PROYECTO PILOTO

La parte de la metodología concerniente a la ejecución del proyecto piloto tiene como *objetivo* el apreciar de una manera práctica el desarrollo del producto bajo el enfoque de la IC. Esta parte se aprecia en la figura 4-12.

La *actividad* a realizar en el proyecto piloto es poner en práctica la planeación, es decir le corresponde al equipo multidisciplinario asignado el realizar su labor por todas las etapas del CVP contemplando de manera simultánea el impacto de las decisiones en cada una de ellas, realizando actividades en paralelo al tener en cuenta estas consideraciones y el realizar este trabajo en un ambiente creado por la empresa en la etapa de planeación que se utilizará y mejorará durante el proyecto.

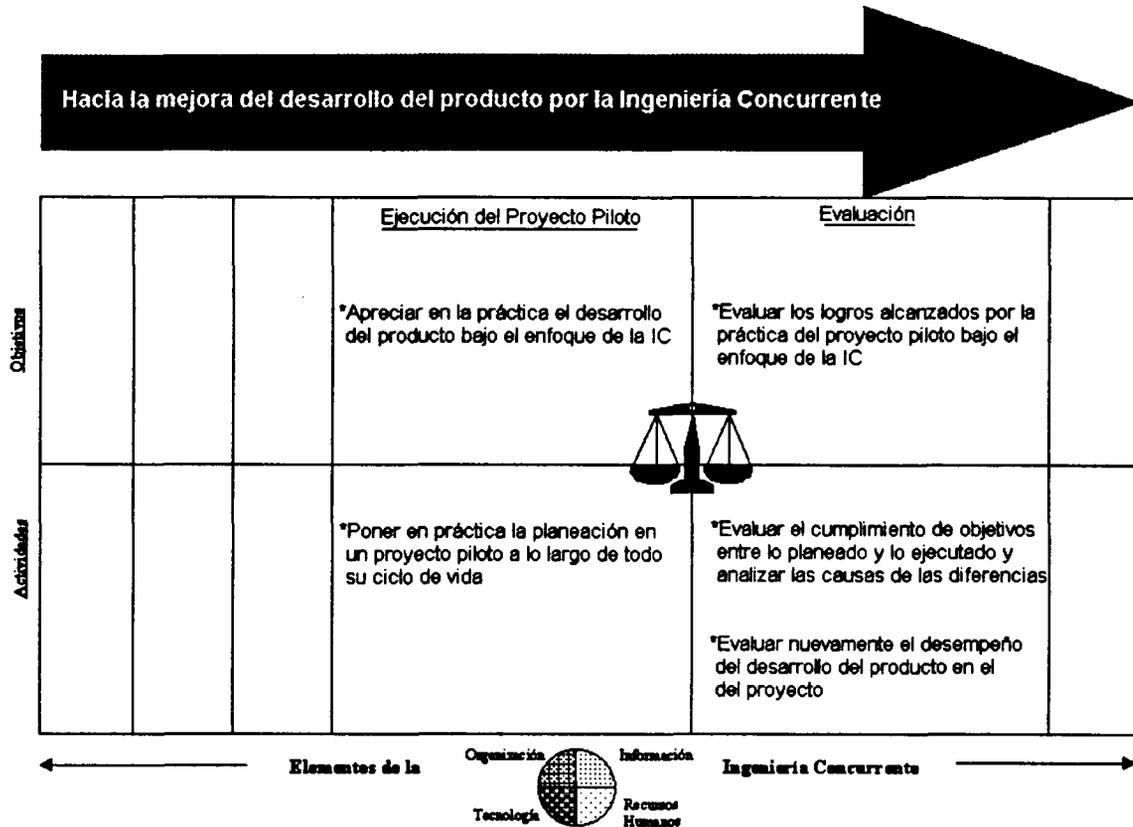


Figura 4-12. Ejecución y Evaluación del Proyecto Piloto

Se incluye además lo concerniente a la etapa de evaluación porque la medición de los objetivos logrados será relevante para la expansión de la filosofía en toda la compañía. El *objetivo* de la etapa de evaluación es el medir los logros alcanzados durante la práctica del proyecto piloto. Las *actividades* que se deben realizar para alcanzar estos objetivos en la evaluación son las siguientes:

- Evaluar el cumplimiento de objetivos entre lo planeado y lo alcanzado en la ejecución y analizar las causas de las diferencias. Es decir, si existe alguna diferencia entre lo planeado y lo alcanzado se debe saber si fue por una deficiencia en la planeación o en la ejecución, documentar el hecho y aprender de él corrigiendo las causas del problema.

- Evaluar nuevamente el desempeño del desarrollo del producto del proyecto. Esto es, como no se practica la IC en toda la compañía la evaluación deberá hacerse sólo para el proyecto piloto y comparar con la evaluación hecha en el diagnóstico. Posteriormente, después de la ejecución de futuros proyectos, se deberán evaluar nuevamente las prácticas en el desarrollo del producto y comparar las mejoras alcanzadas.

4.7 EXPANSION DE LA INGENIERIA CONCURRENTES

Esta etapa se muestra en la figura 4-12 e incluye un objetivo y tres actividades a realizar.

El *objetivo* es: extender los beneficios de la IC a todas las áreas de la empresa, esto es a todos los proyectos y a toda práctica de la compañía. Esto se logra con las siguientes

actividades:

- Aplicar la planeación obtenida para diferentes proyectos de la empresa. No es necesario planear de nuevo más que para establecer metas y objetivos específicos para cada proyecto pues se conocen las áreas de oportunidad de la compañía y los logros alcanzados para la mejora de cada una de ellas.
- Evaluar el desempeño del desarrollo del producto después de terminado cada proyecto. Esto es para ver qué tan cerca se encuentra el desarrollo del producto de la empresa de una práctica excelente (círculo exterior de la herramienta de evaluación), pues aunque lo medido es para el proyecto, los beneficios alcanzados se extienden a toda la compañía.

- Continuar hasta aplicar la IC como un estilo de vida. Esta etapa no es tan fácil de alcanzar ya que el principal adversario será el factor cultural, es decir el lograr que la gente trabaje en equipo, compartiendo la experiencia y el conocimiento, teniendo cada vez un nivel mayor de empowerment, siendo cada vez más autónomos en su trabajo, etc.

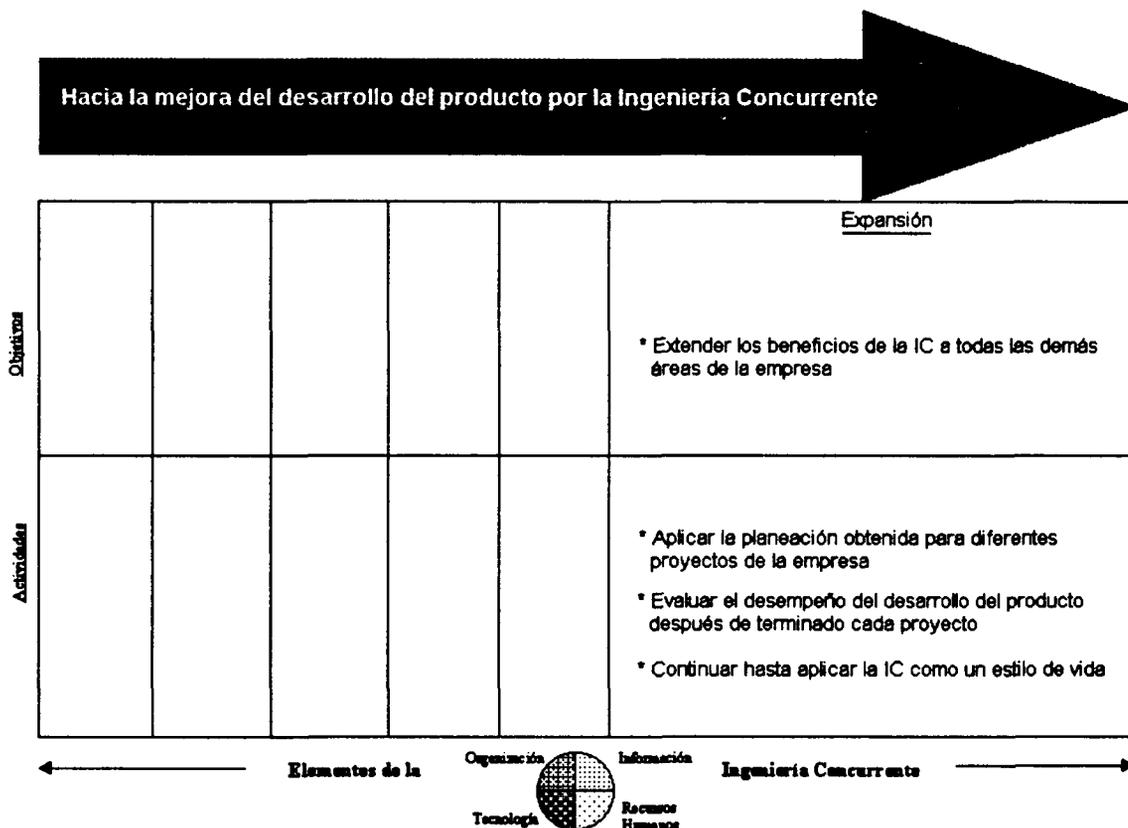


Figura 4-13. Etapa de Expansión de la Ingeniería Concurrente

Con esta metodología se sientan las bases para introducir, planear e implementar la IC. Como apoyo a la etapa de planeación se muestra en el siguiente capítulo algunas consideraciones respecto al equipo de IC y a las herramientas de apoyo.

4.8 COMENTARIOS FINALES

El Diagnóstico ha sido muy bien recibido en las empresas mexicanas con las que el autor ha trabajado y ahora que se plantea un esquema formal de aplicación se espera una mayor aplicación en la empresa mexicana. La herramienta de evaluación ha sido integrada al trabajo del CERG-IM en la industria mexicana y al corto plazo se utilizará la metodología formal presentada en esta tesis.

La aplicación del diagnóstico sin planes en la implementación de la IC trae consigo ciertos beneficios, pero los beneficios se maximizan cuando se trabaja bajo la filosofía de la IC pues los participantes activos de la estructura de la IC y de las empresas son datos y gente, de aquí nace lo demás (qué materiales, quién los manejará; qué software, quién lo usará; qué producto, cómo se hará y quiénes serán los responsables, etc.), y la gente debe tener los datos correctos, en el momento y lugar precisos y en el formato correcto. Sin el enfoque de IC difícilmente esta condición podrá darse.

No existe un óptimo que no cambie en este mundo de cambio constante, esto sería perfección. Por esta razón el nivel marcado como excelente en la herramienta de evaluación podrá y deberá modificarse de acuerdo a los cambios y necesidades del mercado y de las empresas. Asimismo algún punto contenido en esta metodología deberá evolucionar hacia un mayor beneficio conforme se tenga más conocimiento de la práctica del desarrollo del producto en la industria con problemas en su desarrollo del producto.

Capítulo 5. Consideraciones del Equipo de IC y de la Tecnología de Apoyo al Desarrollo del Producto

5.1 INTRODUCCION

Este capítulo presenta puntos importantes a considerar para la formación, características y responsabilidades el equipo de IC, así como algunas consideraciones para al aspecto tecnológico. Estos puntos servirán de apoyo para realizar la planeación del proyecto piloto en la mejora del desarrollo del producto vía la filosofía de la IC.

5.2 CONSIDERACIONES DEL EQUIPO DE INGENIERIA CONCURRENTES

En el capítulo anterior se mencionaron ciertas estructuras con las que puede trabajar el equipo de IC. Una vez que la compañía ha decidido la estructura que el equipo adoptará será necesario iniciar la selección de los participantes, tanto equipo de IC, como equipo de apoyo, dirección, gerentes y por supuesto el líder. A continuación se muestran algunas consideraciones importantes para estas personas.

Los puntos mostrados a continuación se relacionan con la figura 2-13, sólo que el autor propone un miembro más que es muy importante para la introducción de la IC en la empresa, este miembro es el Campeón de la IC (CE Champion) cuyo rol se explica en el punto 5.2.6. El equipo de IC y las personas relacionadas con él pueden apreciarse en la

figura 5-1. Las relaciones mostradas en la figura se describen en cada punto mostrado a continuación.

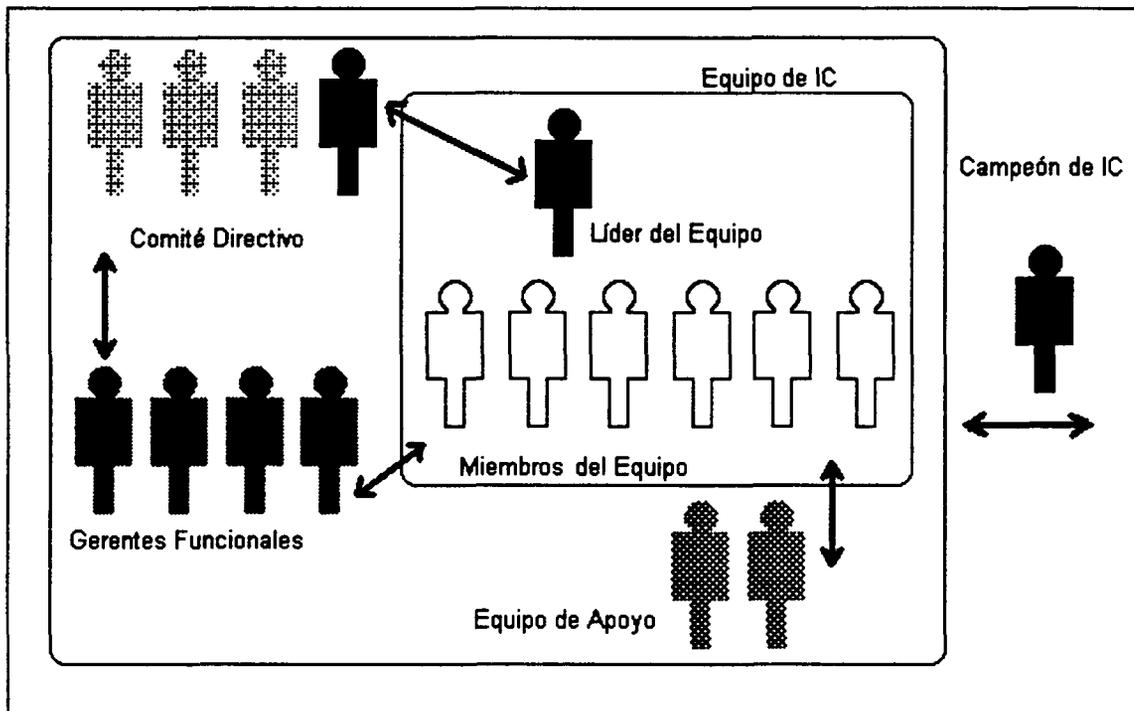


Figura 5-1. Equipo de IC y personas que apoyan su operación

5.2.1 Líder del Equipo

El líder del equipo debe de cumplir con varias características. El FAST CE project [FAST CE 97] utiliza ciertas características que al autor le parece apropiado considerar como base tanto para el líder como para otros miembros que se explican en puntos siguientes concordando con la necesidad apreciada por el autor respecto al líder en la empresa mexicana. Las características del líder se muestran a manera de checklist. El perfil del líder del equipo deberá ser:

- Respetado dentro de la organización, para que su liderazgo tenga respaldo en este respeto
- Capaz de identificar el impacto de las actividades del equipo de trabajo en el proceso de desarrollo del producto
- Capaz de influir cambios en políticas y procedimientos que afectan el desarrollo del producto

El líder del equipo debe de:

- Tener habilidades para la administración de proyectos
- Conocer y transmitir los conceptos de IC
- Tener una visión estratégica de la organización: entender el impacto del desarrollo del producto en la competitividad de la empresa
- Asegurar que los planes del proyecto reflejen la realidad y la necesidad de la empresa
- Asegurar que las tareas del equipo son entendidas, posibles y aceptadas
- Ayudar al equipo a realizar el proyecto a tiempo durante todas las actividades
- En caso de problemas negociar con el Comité Directivo cambios en el plan de actividades
- No imponer metas al equipo sino negociarlas
- Facilitar la comunicación interna y externa al equipo
- Proveer guía y apoyo

5.2.2 Comité Directivo

El papel del Comité Directivo puede listarse en los siguientes puntos [FAST CE 97]. Este comité estará formado por la dirección de la empresa que tomará el papel para seleccionar tanto el proyecto como al líder del mismo.

- Establecer objetivos claros para cada proyecto o producto
- Asegurar que los planes y metas concuerdan con el equipo y son consistentes con la estrategia de la compañía
- Aprobar las especificaciones del producto, planes y costos del proyecto
- Crear el ambiente adecuado para que el equipo pueda trabajar, de acuerdo a lo establecido en la planeación y los resultados del diagnóstico del desarrollo del producto
- Resolver conflictos fuera de los límites de autoridad del equipo
- Motivar al equipo y demostrar una comunicación abierta y honesta
- Estar preparado para cancelar un proyecto, con base en hechos y datos, con el apoyo del equipo
- Disponer de al menos un miembro para que este siempre disponible para el líder del equipo
- Seleccionar al líder del equipo

5.2.3 Gerentes Funcionales

El papel de los Gerentes Funcionales de las distintas áreas del desarrollo del producto puede listarse en los siguientes puntos[FAST CE 97]. El papel de los gerentes funcionales cambiará dependiendo de la estructura seleccionada para el trabajo del equipo. Si el equipo trabajará con la estructura heavywiegth las características listadas aplicarán como tales; si es un tipo autónomo o co-ubicado el equipo sólo se relacionará con los gerentes funcionales para solicitar la participación de miembros de un equipo de apoyo. La estructura virtual puede tener una mezcla de las estructuras heavyweight o autónoma para donde aplican las mismas consideraciones.

- Mantener una cercana relación con el líder del equipo
- Entender y apoyar el plan del proyecto
- Acordar la asignación de recursos junto con el líder del equipo y proveerlos conforme al acuerdo
- No buscar la aceptación de toda decisión del equipo
- Estar disponibles para guiar y apoyar a los miembros del equipo así como para revisiones técnicas
- Revisar la integridad del proyecto
- Fortalecer el trabajo en equipo
- Practicar una comunicación abierta y honesta
- Comunicar y apoyar la reducción de riesgos

- **Seleccionar a los miembros del equipo en conjunto con el Líder del Equipo**

5.2.4 Miembros del Equipo de Ingeniería Concurrente

Los miembros del equipo serán seleccionados por el líder y por los gerentes funcionales. El papel de los Miembros del Equipo puede listarse en los siguientes puntos basados en el proyecto FAST [FAST CE 97] y que son característicos de una operación exitosa de un equipo de IC. La mayoría de ellos son de aspecto cultural por lo que dependerá de la empresa misma su correcto funcionamiento.

- **Trabajar de manera flexible como parte de un equipo multifuncional (cultural)**
- **Compartir el conocimiento con expertos en el área y con el equipo (cultural)**
- **Contribuir a la creación del plan del proyecto**
- **Discutir y ser escuchados en las sesiones del proyecto (cultural)**
- **Tener la autoridad para tomar decisiones dentro de lineamientos específicos en acuerdo con todo el equipo. Relacionado con el empowerment**
- **Estar conscientes de la necesidad de ceder en las decisiones del proyecto (cultural)**
- **Entender, comunicar y compartir el riesgo con el equipo (cultural)**
- **Aceptar la responsabilidad de los aspectos acordados en el proyecto (cultural)**
- **Practicar la comunicación abierta y honesta (cultural)**
- **Informar al líder del equipo inmediatamente si las metas (calidad, costo y tiempo) están potencialmente en riesgo (cultural)**
- **Reescribir cualquiera o todos estos puntos de no funcionar discutiéndolo con el equipo y con el líder (cultural)**

5.2.5 Equipo de Ingeniería Concurrente y Equipo de Apoyo

El equipo de IC deberá contar con miembros considerados como básicos y miembros que serán de apoyo diferenciándose por el compromiso en tiempo que deberán tener con el equipo. Los miembros de apoyo o de un Equipo de Apoyo deberán asistir el trabajo del equipo de IC conforme sea necesario mientras que el compromiso de este último será mayor. De acuerdo con la experiencia del CERG-IM y del autor podría sugerirse que el equipo de IC estará compuesto de miembros con una dedicación del 75% de su tiempo o más al equipo. Estos miembros deberán abarcar las siguientes áreas, de las cuales se mencionaba la necesidad de contar al menos con las primeras tres, pero se sugieren algunas otras. El número de miembros por cada área estará en función de la complejidad del producto.

1. Mercadotecnia y ventas
2. Diseño / Ingeniería
3. Manufactura
4. Proveedores clave
5. Clientes
6. Compras
7. Finanzas
8. Calidad

Los miembros del equipo de apoyo trabajarán con el equipo de IC conforme el proyecto avance y se requiera de su experiencia. Los individuos que componen este equipo deberán tener el conocimiento adecuado áreas especializadas del CVP no incluidas en el equipo de IC como:

- Seguridad Industrial y Ambiental
- Ingeniería de Materiales
- Capacitación y Entrenamiento
- Sistemas de Información
- Aspectos Legales
- Mantenimiento

Además se incluirán personas de otras áreas según sea la naturaleza del producto, especialmente en las actividades de DFX (Diseño para X) donde se pueden considerar expertos en moldes, plásticos, aluminio, vidrio, circuitos electrónicos, etc. El compromiso de estos miembros será según sea requerido por el equipo de IC en negociación con los Gerentes Funcionales y el Líder del Proyecto. El equipo de apoyo deberá estar relacionado con la planeación especialmente al realizar un plan como el mostrado en la figura 4-11 donde se separa el proyecto en 5 actividades generales contemplando el ciclo de vida del producto. El DFX es un ejemplo de las actividades incluidas en este plan.

El equipo de apoyo también puede contar con personal externo a la compañía con conocimientos y experiencia en IC.

5.2.6 El Campeón de la Ingeniería Concurrente (CE Champion)

Una de las personas más importantes en la implementación de la IC en cualquier organización es el Campeón de la IC. Esta persona es alguien convencido de los beneficios de la IC, con conocimiento de la filosofía e interesado en implementarla en toda la organización.

Un caso real de un Campeón de IC es el siguiente. Una persona de una empresa de Monterrey se informó sobre la IC y quiso saber más al respecto. Se le dijo que contactara al Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (CERG-IM). Esta persona organizó a todos los directivos de su empresa para una sesión de introducción de IC, les fue impartida la información, definiciones y beneficios sobre la IC. La misma persona organizó nuevamente a los directivos para discutir un proyecto piloto y hacer planes de la implementación de IC en la compañía. El proyecto fue aprobado. El Campeón es alguien que motiva a la organización hacia la IC.

Los casos del CERG-IM en cuanto a Campeones de IC son los siguientes:

- El CERG-IM contacta a la empresa a través de una persona específica que se interesa y realiza los arreglos necesarios para promover la IC en la compañía.
- La persona acude directamente al CERG-IM después de enterarse del grupo y de la filosofía por el internet, publicaciones o seminarios ajenos al grupo.

- Participa en los cursos ofrecidos por el CERG-IM en el Tecnológico y se interesa por llevar la filosofía a su compañía.
- Es estudiante del Tecnológico y escucha de la filosofía en clases donde el CERG-IM tiene participación.

Algunas de las características del Campeón de la IC se muestran a continuación:

- Deberá tener conocimiento de la IC y estar convencido de los beneficios de la IC, hasta que esto sucede es cuando advierte la necesidad de crear una ventaja competitiva en la compañía a través de la filosofía de la IC. Después de esto se podrán presentar los siguientes puntos.
- Apoyará a los líderes de los equipos y a los gerentes funcionales en la selección de los miembros de los equipos
- Apoyará a los líderes de los equipos en los procesos de la IC y en el trabajo en equipo
- Ayudará en la identificación de nuevas herramientas y técnicas. Generalmente esto es resultado de la continua capacitación del Campeón en la filosofía y sus herramientas de apoyo.
- Asistirá al área de Recursos Humanos en el establecimiento de procesos de entrenamiento y capacitación
- Será responsable del desarrollo y mejora de la implementación de la IC en la organización

5.2.7 Requerimientos de Ubicación

Este punto se refiere a lo que en las estructuras de equipo mencionadas en el capítulo anterior se conoce como estructura co-ubicada que se refiere a la ubicación de los miembros del equipo en un mismo espacio físico para realizar su trabajo. De acuerdo a la experiencia y trabajo del CERG-IM y del autor se ha adaptado la siguiente tabla en donde se hacen recomendaciones en cuanto a trabajar en un mismo lugar para los distintos miembros del equipo de IC y de la gente que los deberá apoyar.

<i>Requerimientos de ubicación en un mismo espacio físico</i>	Diseño Conceptual	Análisis, Prototipos, Pruebas, Diseño Detallado del Producto y Proceso, Piloto	Producción en masa o final
Líder del Proyecto	Sí	Sí	CSR
Mercadotecnia/Ventas	Sí	Parcialmente	CSR
Ingeniería/Diseño	Sí	Sí	CSR
Manufactura	Sí	Sí	CSR
Compras	Parcialmente	Parcialmente	CSR
Calidad	Parcialmente	Parcialmente	CSR
Equipo de Apoyo	No	Como sea requerido (CSR)	CSR

En el caso de las empresas que diseñan el proyecto podría dividirse en las tres etapas mostradas en la tabla anterior. En las empresas que no diseñan sino que reciben el diseño del producto(s) sólo aplicarían las últimas dos columnas.

5.2.8 Mejores Prácticas de un Proyecto de Ingeniería Concurrente

Esta sección tiene como intención mostrar una lista de verificación de algunos puntos importantes para el desarrollo del producto y el equipo a fin de servir como guía o base

para la organización. Esta información está basada en el FAST CE project considerada como las mejores prácticas de las empresas que trabajan con IC, además de relacionarse con la información mostrada en este mismo capítulo, y es de utilidad para su consideración por la empresa mexicana. Posiblemente no podrán cumplirse todos los puntos pero podrán verse como metas a fin de alcanzar las condiciones que proveen los mejores resultados. Los puntos que se muestran a continuación se refieren a qué es lo que hace un proyecto que abarca todo el desarrollo del producto o ciclo de vida del producto sea *exitoso*:

- Gente que se comunica
- Un equipo con gente dedicada 100% al proyecto
- Un equipo trabajando en un mismo lugar
- Miembros del equipo con roles y responsabilidades claras
- Miembros con las habilidades correctas
- Un equipo que es dueño del proyecto, que está motivado, capacitado para tomar decisiones del proyecto y que posee un liderazgo efectivo
- Una meta agresiva y especificaciones claras
- Entendimiento de los requerimientos del cliente

Todos lo mostrado en los puntos 5.2.1 a 5.2.8 es fácil de saber, lo difícil es aplicarlo porque depende de la cultura de la gente y sólo podrá tener una aplicación y funcionamiento efectivo cuando la dirección de la empresa se decida por apoyar y guiar a su gente hacia estas características que garantizan un excelente desempeño del desarrollo del producto en sus cuatro aspectos presentados en la estructura de la IC.

5.3 SELECCION DE LA TECNOLOGIA PARA APOYAR EL DESARROLLO DEL PRODUCTO

Debido a que con el diagnóstico de la situación actual y la herramienta de evaluación se pueden identificar requerimientos de tecnología, se muestra en este punto una guía para seleccionar herramientas de apoyo en ambientes de IC desarrollada por Reetz et. al. [Reetz 1997]. Además, en el Anexo 1 se explican brevemente una serie de herramientas que son de utilidad para agilizar el desarrollo del producto y el trabajo en un ambiente de IC y que el lector puede seleccionar para buscar más información y utilizar en su situación particular.

Como resultado del trabajo con el proyecto europeo PACE (Practical Approach to Concurrent Engineering) Reetz et. al. desarrollan una metodología para proveer apoyo en la selección de herramientas ingenieriles y métodos tanto para implementación como operación de IC. Esta herramienta es un software bautizado como Tool Selector. Pero aunque el lector no cuente con este software, el diagrama de flujo para la selección de tecnología que sigue la metodología en cuestión puede ser de utilidad por lo que se muestra en la figura 5.2. Este diagrama plantea una manera específica para actuar en la selección del medio adecuado para resolver un problema dado.

Este diagrama de flujo se puede aplicar incluso para las herramientas mostradas en el Anexo 1 y para las no incluidas en este. Aunque es importante mencionar que como lo abarca la Herramienta de Evaluación, las decisiones para la adquisición de tecnología

serán mejor tomadas cuando en ellas participe un equipo multidisciplinario para considerar el impacto de la tecnología en las diversas áreas del desarrollo del producto.

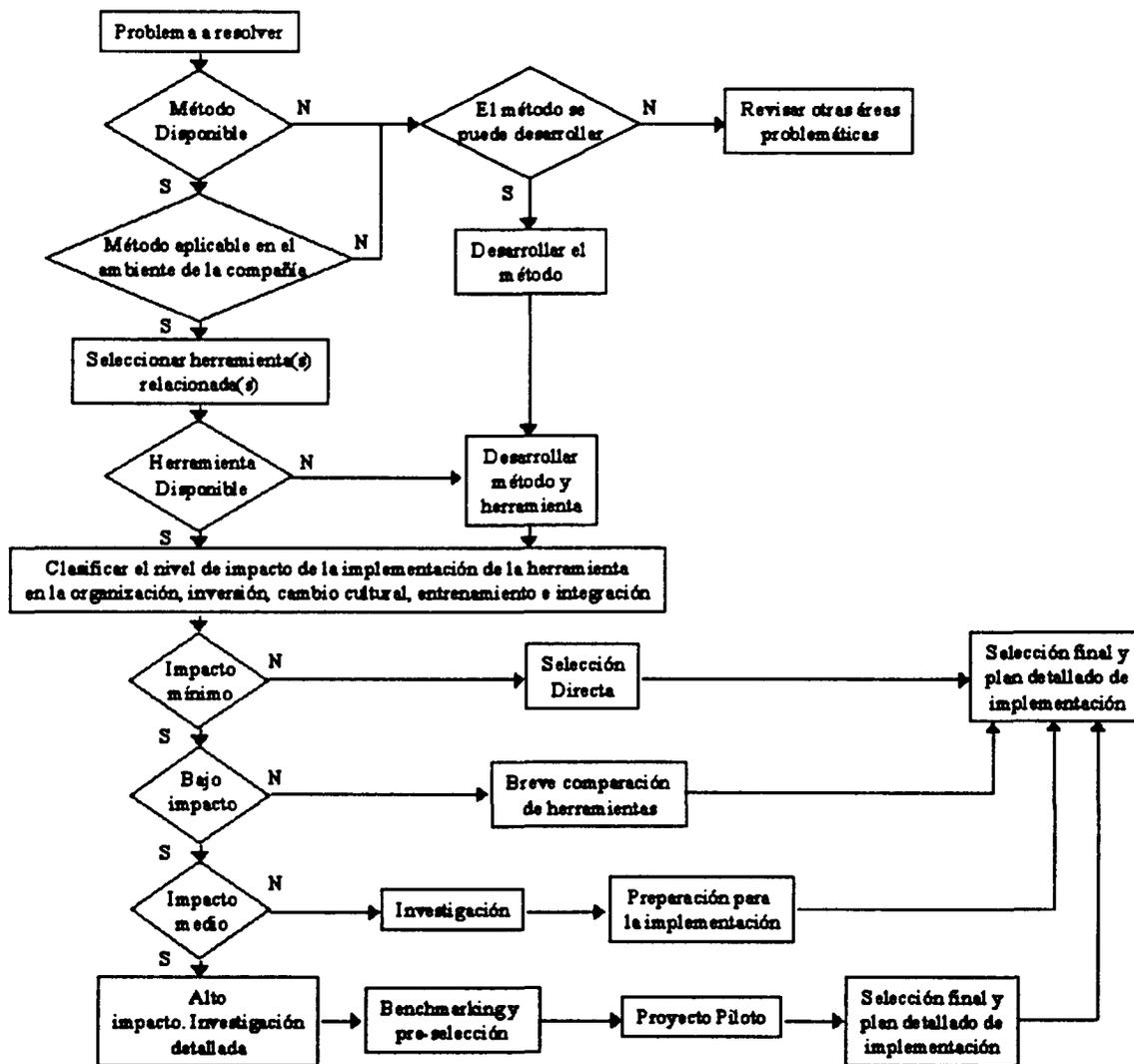


Figura 5-2. Diagrama de flujo para la selección de herramientas [Reetz 1997]

5.4 COMENTARIOS FINALES

Este capítulo muestra algunas consideraciones que la empresa puede tomar en cuenta para la planeación del proyecto piloto. El equipo representa el papel vital del éxito del proyecto piloto, junto con el apoyo de la dirección de la empresa. El equipo deberá responder y comprometerse con el proyecto, deberá compartir información y documentar la experiencia y el conocimiento. Por eso se incluyen por separado las consideraciones de este capítulo, y aunque la tecnología no es lo más importante en la IC, sí es un buen apoyo al desarrollo del producto y por esta razón se presenta brevemente una guía para apoyar en la selección de tecnología.

Capítulo 6: Discusión y Conclusiones

6.1 INTRODUCCION

El presente capítulo discute algunos puntos del presente trabajo, así como recomendaciones para trabajos futuros para profundizar y perfeccionar la metodología propuesta por el autor. Asimismo en este capítulo se incluyen las conclusiones de la presente tesis.

6.2 DISCUSION DE LA METODOLOGIA

El autor no ha encontrado en la literatura ninguna metodología desarrollada por y para la industria mexicana para la implementación de la IC por lo que la formalización de la presente metodología se presenta como un hecho sin precedentes en México y se espera gran utilidad de la misma al utilizarse por el CERG-IM o como referencia para que el lector introduzca, planee y/o implemente la IC en su empresa.

La presente metodología fue desarrollada con base en trabajo realizado en empresas mexicanas y en la experiencia del autor con el Grupo de Investigación de Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (CERG-IM). La metodología como se presenta en esta tesis ha empezado a aplicarse exitosamente en sus etapas de introducción, diagnóstico y planeación en proyectos recientes del CERG-IM algunos vigentes aún durante la terminación de la presente tesis.

La herramienta de evaluación es una aportación importante del autor para la industria mexicana ya que ha funcionado en las empresas donde se ha aplicado y al momento de terminar esta tesis ha sido bien recibida incluso en una empresa del grupo United Technologies en Estados Unidos y en un proyecto en Colciencias entidad del gobierno colombiano (en Colombia toda la metodología como la propone el autor está por aplicarse al término de la presente tesis), ya que con esta herramienta se puede medir la condición actual del desarrollo del producto de las empresas para identificar áreas de mejora y para definir metas a alcanzar en relación a la mejora del desarrollo del producto con base en la IC. La herramienta no es infalible y libre de modificaciones; al contrario podría modificarse para ajustarse a una condición muy particular de una empresa mexicana; de ser así, es requisito contar con asesoría de alguien con experiencia en IC. Tanto la herramienta de evaluación como el plan de trabajo para la planeación presentados en el capítulo 4 han sido bien aceptados en dos casos recientes de empresas mexicanas.

Algunos puntos a discutir de la herramienta de evaluación en sus primeras aplicaciones en la industria mexicana son:

- La gente evalúa el punto de documentación de la experiencia y el conocimiento de manera excelente o buena cuando en realidad la realidad es diferente. Es necesario hacer *énfasis* en que se debe contestar con *honestidad* y en el *anonimato* de la encuesta. Lo mismo con el QFD y el DFX, la gente no sabe lo que son pero califican

como excelente su práctica. La diferencia entre la realidad y lo contestado se conoce en el diagnóstico y análisis completo de la práctica actual del desarrollo del producto.

- El punto de proveedores es algo relativo, pues la gente mezcla sus opiniones de proveedores de materia prima, de componentes y de herramientas en este mismo, y cuando uno de ellos es bueno y los otros muy malos, la evaluación pierde significado real.
- En la parte de infraestructura tecnológica la gente tiende a confundir con la maquinaria o líneas de producción, no con la tecnología que cada uno necesita para elaborar su propio trabajo. Así cuando la empresa se enorgullece de tener el estado del arte en maquinaria en alguna línea de producción, la gente evalúa de excelente la infraestructura tecnológica, aunque tengan problemas de intercambio de datos, problemas de comunicación en red, deficiencias en conferencias entre distintas zonas geográficas, mala administración de la experiencia y conocimiento de productos y procesos, etc.

Otro punto muy importante es que la industria manufacturera mexicana está interesada en la filosofía de la *Ingeniería Concurrente* y se convence cada vez más de su papel clave en alcanzar ventajas competitivas ofreciendo productos de mayor calidad a menor costo y tiempo.

6.3 CONCLUSIONES

- La importancia de la Ingeniería Concurrente para ayudar en la mejora del desarrollo del producto ha sido reconocida y aceptada por la industria mexicana sin embargo su conocimiento no es el adecuado y dada la carga de trabajo de las empresas mexicanas la propagación de este conocimiento no es suficiente.
- Varias empresas mexicanas colaboran con empresas internacionales que han desarrollado metodologías basadas en la Ingeniería Concurrente, sin embargo algunas compañías mexicanas no han logrado una correcta implementación por falta de conocimiento de la filosofía.
- El Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente (CERG-IM) y la Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente (SMIC), de las cuales el autor forma parte, han realizado varios trabajos con la industria mexicana sin contar con una metodología práctica bien definida. La metodología propuesta en esta tesis se empieza a integrar al trabajo de estos grupos en sus etapas de introducción, diagnóstico y planeación.
- Tanto el CERG-IM como la SMIC no contaban con una herramienta para evaluar la práctica actual del desarrollo del producto en la empresa mexicana. El autor desarrolla como parte de la metodología una herramienta para tal propósito.
- La metodología presentada en esta tesis posee un riesgo al seguirse puesto que el autor no ha tenido la experiencia del pilotaje de un proyecto de implementación de IC. Sólo las primeras tres etapas han sido aplicadas en empresas donde han sido muy bien recibidas trayendo resultados como los mencionados en la presente tesis.

- La estructura de la Ingeniería Concurrente presentada en esta tesis es una herramienta que ha funcionado en dar a conocer la filosofía a la industria mexicana y ha sido bien aceptada en la misma, por esta razón la metodología propuesta se basa en esta estructura y en sus cuatro elementos: organización, información, recursos humanos y tecnología.
- La metodología presentada se basa en experiencia práctica y teórica pero requiere más investigación con la industria mexicana y/o en otros lugares en donde existan áreas de oportunidad para la IC. La metodología propuesta es flexible y podrá ser modificada según sea requerido por los trabajos futuros de Ingeniería Concurrente en México y en otros lugares de acuerdo a las características de la empresa y productos en donde se desee trabajarla.
- La Ingeniería Concurrente requiere un cambio organizacional y cultural, por esta razón la metodología se presenta en distintas etapas que requieren tiempo para su realización, donde la implementación total de la filosofía en una compañía en la experiencia internacional toma años. Las etapas de introducción, diagnóstico y planeación han sido bien recibidas por la industria mexicana y el trabajo continúa en proyectos con la industria para avanzar hacia lograr una ventaja competitiva a nivel empresa a través de la filosofía de la Ingeniería Concurrente.

6.4 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- La herramienta de evaluación ha sido aplicada en tres empresas. El autor recomienda aplicar la herramienta de evaluación y la etapa de diagnóstico en más empresas

mexicanas de modo que estas puedan ser perfeccionadas contemplando diversos puntos para diferentes sectores de la industria y se pueda asegurar su efectividad.

- Aplicar la metodología propuesta y evaluar su efectividad en la planeación y ejecución de un *proyecto piloto* de IC en distintas empresas. Aunque algunas partes de la metodología ya son practicadas por el CERG-IM no se ha llegado al punto de planear y participar en un proyecto piloto. Esta es la experiencia que se necesita para consolidar una metodología práctica de implementación de IC que contemple las seis etapas: Introducción, Diagnóstico, Planeación, Proyecto Piloto, Evaluación, Expansión.
- Realizar una investigación más profunda sobre la práctica del desarrollo del producto en la industria mexicana para tener un conocimiento más amplio de los problemas y fallas en la integración de este proceso.
- Definir la relación de la Ingeniería Concurrente con la Administración de Proyectos para integrar los dos conceptos dado que la IC se empieza a implementar en la empresa a través de proyectos.
- Perfeccionar una guía para la selección del equipo de IC en la industria mexicana y en otros países en donde no se cuente con un trabajo similar.

ANEXO 1

HERRAMIENTAS DE APOYO A LA INGENIERIA CONCURRENTENTE

A1.1 FMEA: Análisis de modos y efectos de fallas

Todo lo que pueda fallar, fallará

Esta famosa ley de Murphy es una de las razones detrás del FMEA. Este análisis sistemático es una técnica para asegurar que todas las fallas posibles son relativamente imposibles. Se enfoca en la calidad negativa y en eventos potenciales que pueden y harán fallar al producto. El FMEA o AMEF por sus siglas en español (Análisis de Modo y Efecto de Falla) se lleva a cabo durante la etapa de planeación de un producto o proceso, cerca del final de la etapa de diseño, en papel o con apoyo computacional, antes de que el producto empiece a fallar en las manos del cliente. [RACE]

El FMEA es una técnica iterativa que promueve el pensamiento sistemático cuando un nuevo producto o sistema está bajo desarrollo en términos de

- ¿Qué puede salir mal con el producto o proceso en desarrollo?
- ¿Qué tan malo puede ser?
- ¿Qué se necesita para prevenirlo?

Estas preguntas pueden responderse a través del producto o proceso con el uso de ocho elementos clave. Estos elementos son:

- Definición del objetivo y función del sistema a ser analizado. El uso de gráficos de flujo de procesos puede ser de utilidad.
- Identificación de las fallas potenciales. Se recomienda un proceso de lluvia de ideas.
- Determinación de los efectos de las fallas principales.
- Determinación de las causas de cada uno de los tipos de falla.
- Priorización de las fallas potenciales de acuerdo a ciertos aspectos como costos, seguridad, calidad, etc.
- Desarrollo un plan de control que se encuentre listo para los casos en los que el riesgo potencial de falla es alto.
- Observación y aprendizaje de las pruebas hechas para mantener la información lo más actualizada posible.
- Documentación en todos los formatos requeridos por los equipos de trabajo actuales y futuros.

Un ejemplo de la aplicación del FMEA es en la etapa del diseño de un producto. El propósito del FMEA en el diseño es averiguar que podría salir mal con un producto en la manufactura y en el servicio como consecuencia de una deficiencia en el diseño. Las actividades del encargado de este proceso serán identificar los componentes, ensambles y sub-ensambles que serán sujetos al análisis FMEA. Después se identifican las relaciones entre los componentes, ensambles y sub-ensambles y sus relaciones con el producto total. Algunas causas potenciales de falla caen en las áreas de:

- Deficiencias en el diseño.
- Deficiencias en la manufactura. El producto no se manufactura de acuerdo al diseño.
- Deficiencias en el ensamble. El producto no se ensambla de acuerdo al diseño.

Esto se convierte en un proceso iterativo para mejorar el análisis. Esto incluye actualizar y revisar la documentación del FMEA.

Existen algunos elementos que deben considerarse en el FMEA para aplicarse con éxito como una herramienta de calidad. Primero, el FMEA requiere de la participación de un equipo multifuncional incluyendo gerentes administrativos para poder entender la función del sistema y tomar decisiones acertadas al respecto. Segundo, claramente el FMEA requiere apoyo de la gerencia. Se requiere además un entrenamiento adecuado antes de usar la técnica de manera efectiva.

A1.2 DFMA: Diseño para Manufactura y Ensamble

DFMA es una integración de las técnicas de Diseño para Manufactura (DFM) y Diseño para Ensamble (DFA). El DFM analiza el producto en términos de manufacturabilidad. Con el DFA cada parte es analizada para ver si es realmente necesaria. Si la parte no es necesaria se puede integrar en otras partes o reemplazada por una función similar en un diseño más simple [RACE].

DFMA contribuye con la empresa enlazando los requerimientos del producto con las capacidades de manufacturabilidad y ensamble. EL DFMA constituye un proceso a través del cual el producto será optimizado en un proceso iterativo de rediseño contemplando reglas como:

- Reducir el número de partes
- Hacer el ensamble a prueba de fallas
- Simplificar el ensamble
- Hacer que el producto sea fácil de probar
- Evitar tolerancias excesivamente altas

Algunas otras reglas del DFMA incluyen la reducción de tipos y números de partes, la eliminación de ajustes, diseño de partes auto-alineables, aseguramiento de un acceso adecuado y una visión no restringida, facilidad de manejo de partes, minimización de reorientaciones durante el ensamble, diseño de partes que no pueden ser instaladas incorrectamente y maximizar la simetría de las partes o hacer las partes obviamente asimétricas. Además de tener en mente que la gravedad es el mejor aliado del ensamble.

Para su mejor aplicación el DFMA requiere que el personal sea capacitado en las ventajas del DFMA, en sus conceptos básicos y en su implementación en un ambiente específico.

A1.3 DFC: Diseño para Costeabilidad

Un análisis costo-beneficio no puede ser solamente la minimización de partes; debe incluir todas las dimensiones del problema [RACE]. Se pueden aplicar conceptos del

costeo ABC o Target Costing para minimizar los costos en el producto desde el diseño. Aunque se utilicen técnicas diferentes para este propósito existirán preguntas a ser contestadas como:

- ¿Son los costos aceptables tanto para los clientes internos como para los externos?
- ¿Son claros los costos para todos?
- ¿Existen desperdicios contribuyendo a un aumento en los costos?
- ¿Cómo afectan los materiales, procesos y la mano de obra a los costos?
- ¿Cómo afectan el volumen del producto al costo?
- ¿Cómo afectan las partes compradas y el servicio al costo?

A1.4 DFX: Diseño para X

El diseño final antes y después de ser manufacturado y/o ensamblado pasará por varias pruebas de campo y de laboratorio y será retroalimentado de acuerdo a su desempeño en ambientes específicos. El Diseño para varios factores como manufactura, ensamble, ambiente, etc. es conocido como DFX, es decir Diseño para cualquier factor X relevante que puede encontrarse en un ambiente o condición específica para un producto en particular. El objetivo principal de las técnicas DFX es optimizar el diseño a través de retroalimentación y aportaciones de distintas áreas de conocimiento que conciernen a un producto específico para asegurar su correcta operación y manejo tanto con clientes internos de la organización como con los externos. De esta manera se mejora la calidad y funcionalidad del producto y se reduce el tiempo de diseño y los recursos de manufactura

a utilizar en el mismo [CAD/C]. El Programa de Administración de Ingeniería de la Universidad de Portland State tiene una lista de 140 aplicaciones diferentes DFX algunas de las cuales son [EMP 97]:

- Diseño para Manufactura,
- Diseño para Ensamble,
- Diseño para Moldeabilidad,
- Diseño para Costeabilidad,
- Diseño para Calidad,
- Diseño para el Ambiente,
- Diseño para Reciclaje,
- Diseño para Servicio,
- Diseño para Apariencia,
- Diseño para Automatización,
- Diseño para el Cambio,
- Diseño para la Mejora Continua,
- Diseño para Ergonomía,
- Diseño para Instalación,
- Diseño para Extensión de Ciclo de Vida,
- Diseño para el Peor Caso.

A1.5 Prototipo Rápido

La técnica de prototipo rápido ayuda al esfuerzo de guiar un nuevo producto desde el concepto hasta el mercado en menor tiempo y a menor costo. El prototipo rápido automatiza la producción de un prototipo generándolo a partir de un modelo tridimensional virtual. Otros términos con los que se conoce el prototipo rápido son: manufactura de escritorio, fabricación automática, manufactura sin herramientas, fabricación libre [RACE].

El prototipo rápido fue presentado en 1987 como un proceso aditivo que construye un objeto agregando partículas o capas de materia prima. Otras tecnologías convencionales substraen o comprimen material. Los materiales utilizados en este proceso aditivo son fotopolímeros, termoplásticos y aditivos.

La estereolitografía es un método que utiliza fotopolímeros. Un láser genera un rayo ultravioleta que solidifica las áreas en las que se enfoca sobre la superficie del fotopolímero. El proceso comienza con un baño lleno del fotopolímero líquido. El operador carga un modelo tridimensional CAD al sistema. La unidad de control divide el modelo en una serie de secciones transversales de 0.004 a 0.020 pulgadas de espesor. El sistema de escaneo óptico controlado por el sistema dirige y enfoca el láser para solidificar una sección bidimensional en la superficie del fotopolímero. El producto es construido desde la parte inferior hasta la superior.

Con la técnica de prototipo rápido se pueden construir modelos a escala de geometrías específicas en 3D para hacer mediciones y pruebas importantes, se puede hacer piezas para la elaboración de su molde.

A1.6 QFD

Conocida como la casa de la calidad por la estructura en forma de techo en su parte superior, el despliegue de la función de calidad o “Quality Function Deployment” por sus siglas en inglés, posee una gran cantidad de información en una sola página de los requerimientos del cliente, de benchmarking y de parámetros del producto que satisfarán las necesidades del cliente. El QFD tiene varios pasos que se muestran a continuación. Para apreciarlos será de utilidad la figura A1-1 que muestra la estructura general de la herramienta.

1. Voz del consumidor

La primera parte de la herramienta consiste en recolectar del cliente final lo que espera de un producto específico a ser diseñado. Los elementos contenidos en esta lista son muy generales, vagos y difíciles de implementar directamente como características de un producto. Los elementos pueden ser para una puerta de un automóvil por ejemplo: “fácil de operar”, “que no se moje”, “cierre fácilmente”. Estos requerimientos se ordenan en la columna que lleva como título “qué’s” de la figura A1.

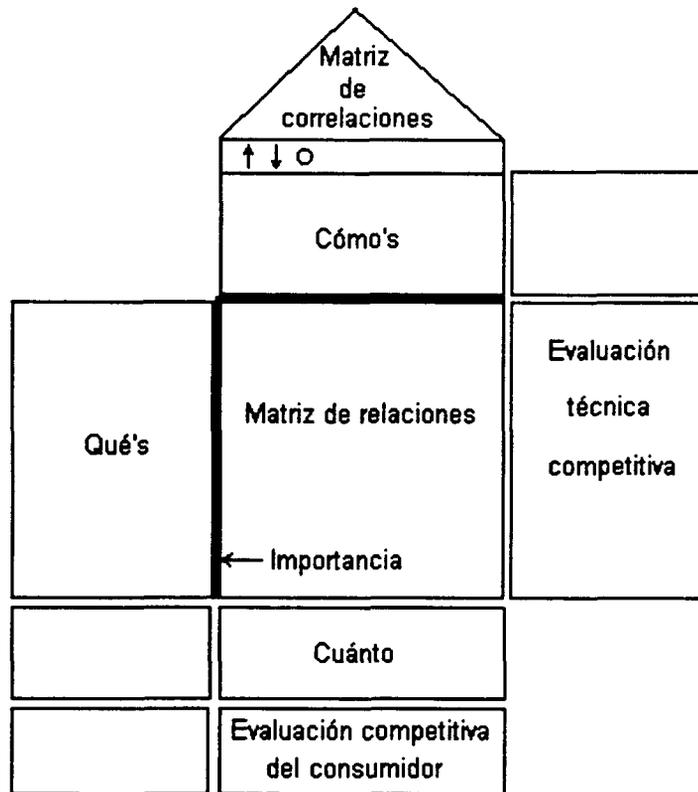


Fig A1-1. Estructura general del QFD

2. Parámetros del Diseño

La lista de requerimientos del cliente debe traducirse en términos de las características de un producto. Algo generalmente omitido en las instrucciones de esta herramienta es que como las características del producto deberá manufacturarse y producirse a través de varias áreas de una empresa, las áreas involucradas con ese producto deberán participar en la traducción de los requerimientos del cliente en características del producto. Es decir se requiere de un *equipo multifuncional* para obtener mejores resultados del QFD.

La traducción pues de los requerimientos del cliente en características del producto o en parámetros del diseño del producto debe colocarse en la parte de la figura A1 que lleva como título “cómo’s”.

3. Matriz de relaciones

Los qué’s deberán relacionarse con los cómo’s en la matriz de relaciones señalando con figuras las relaciones entre ellos. Por ejemplo para el requerimiento del cliente sobre la puerta del auto “fácil de operar” existen asociados algunos parámetros de diseño como “esfuerzo para subir y bajar ventanilla”, “posición del manubrio”, “dirección de operación de la puerta”, etc. Y se pueden marcar con figuras como dos círculos concéntricos, un círculo y un triángulo para establecer relaciones fuertes, medias y débiles, respectivamente, en las relaciones entre estos dos conceptos.

La parte de “cuánto” de la figura puede incluir los valores reales de los parámetros del diseño para satisfacer los requerimientos con que se relacionan.

4. Matriz de correlaciones

En esta matriz se comparan las relaciones entre los parámetros de diseño, pues el modificar alguno podrá afectar el desempeño de otro. Por ejemplo, en una lavadora el cliente especifica que desea mayor “eficiencia en el secado”, los parámetros de diseño asociados son “velocidad de centrifugado” y “consumo de energía” entre otros. Pero estos últimos poseen una correlación negativa fuerte entre ellos ya que la velocidad del

centrifugado deberá maximizarse para secar cada vez mejor y el consumo de energía deberá minimizarse para ahorrarla. Estas correlaciones deberán representarse en la matriz pues muestran aspectos muy importantes del diseño del producto. A este tipo de correlaciones se les conoce como contradicciones técnicas. De resolver una contradicción técnica se podría generar un producto con una elevada ventaja competitiva o inclusive un producto patentable.

Existen otros puntos del QFD como el hacer evaluaciones técnicas competitivas para ver entre varias empresas que satisface la misma necesidad quién es quién en satisfacer los requerimientos del cliente y evaluaciones competitivas de los parámetros de diseño entre otras empresas con productos similares. También se puede obtener la importancia absoluta y relativa de los requerimientos del cliente.

A1. 7 Otras Herramientas

De acuerdo a las necesidades específicas de la empresa y del mercado existirán distintas herramientas que el equipo de IC podrá utilizar para agilizar su trabajo. Algunas de ellas podrán ser herramientas CAD de diseño paramétrico, herramientas CAE para el análisis mecánico, térmico y eléctrico de productos entre otras, el fotorrealismo o visualización realista para representar un modelo virtual con la apariencia final que el producto deberá alcanzar y un sin fin de otras herramientas.

ANEXO 2

TECNICA IDEF0 PARA EL MODELADO DE EMPRESAS

IDEF0 (International Definition Level 0) es un método diseñado para modelar las decisiones, acciones y actividades de una organización o sistema. El IDEF0 se deriva de un lenguaje gráfico bien establecido, la Técnica de Diseño y Análisis Estructurado (SADT). La Fuerza Aérea de los Estados Unidos comisionó a los creadores del SADT a desarrollar un método de modelado de funciones para analizar y comunicar la perspectiva funcional de un sistema. Los modelos efectivos de IDEF0 ayudan a la organización al análisis de un sistema. Como una técnica de comunicación el IDEF0 permite el involucramiento y consenso de expertos para la toma de decisiones a través de gráficas simplificadas. Como una herramienta de análisis, el IDEF0 asiste al modelador en identificar cuáles funciones se llevan a cabo, qué es lo que se necesita para desarrollar esas funciones, qué es lo que el sistema actual hace correctamente y que no.

El IDEF0 tiene una estructura fácil de entender que se muestra en la figura A2.1. Los elementos son:

- Entradas. Representan todo lo que la actividad necesita para realizar su trabajo incluyendo información, documentos y materiales.
- Salidas. Representan todo lo producido por la actividad generalmente también en términos de información, documentos y materiales.

- **Mecanismos.** Incluye todo lo que interviene o hace posible la actividad y se especifica en términos de gente y tecnología.
- **Controles.** Se refiere a toda orden, documento, estándar o procedimiento que fije lineamientos a seguir por la actividad: fechas límite, estándares de trabajo, datos de tolerancias, etc.

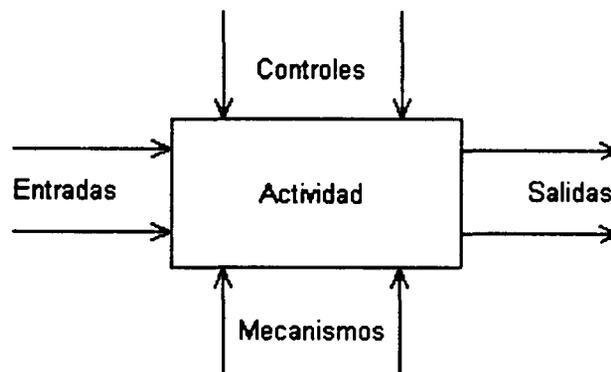


Fig. A2.1. Elementos del modelo IDEF0

El modelo IDEF0 se puede descomponer al detalle requerido para cada actividad. Un ejemplo del IDEF0 y de la descomposición de actividades se muestra en la figura A2.2 además de los varios ejemplos de IDEF0 mostrados en el capítulo 4. En el ejemplo de la figura A2.2 se muestran tres actividades con sus respectivas entradas, salidas, controles y mecanismos; luego la tercera actividad se muestra descompuesta en tres sub-actividades. Lo que es importante notar es que la actividad tres tiene dos entradas, por tanto el desglose de actividades en el siguiente nivel donde están las actividades 3.1, 3.2 y 3.3 sólo tiene las mismas dos entradas, asimismo con la salida, es una y la misma para la

actividad 3 y para su desglose; lo mismo con los controles y mecanismos. El desglose puede continuar de acuerdo con las necesidades del modelo y del modelador.

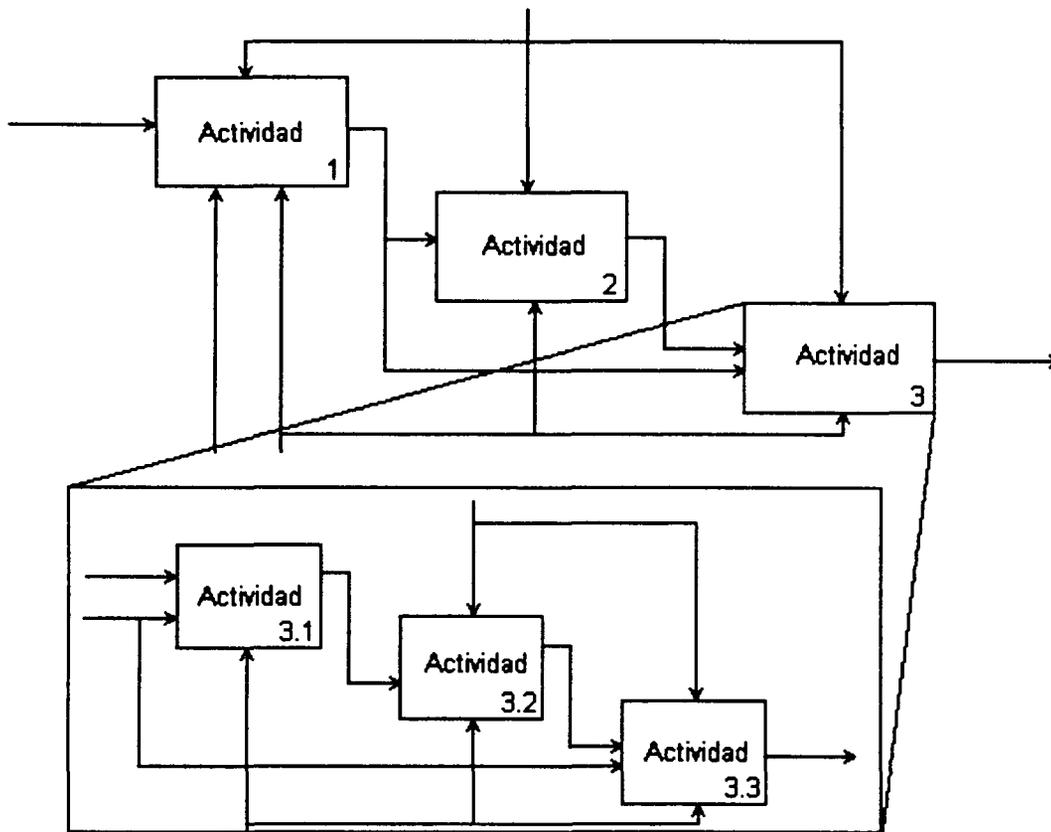


Fig. A2.2. Ejemplo de un diagrama IDEF0

Existen softwares especializados en la técnica algunos de los cuales se pueden encontrar en versiones shareware en el internet. Asimismo en la red se puede encontrar más información al respecto [IDEF 1999].

La principal ventaja del IDEF0 es que el método ha demostrado ser efectivo en detallar las actividades de un sistema. Las actividades pueden ser descritas por sus entradas,

salidas, controles y mecanismos. Adicionalmente, la descripción de las actividades de un sistema puede ser fácilmente refinada en cada vez un detalle mayor hasta que el modelo es tan descriptivo como se necesita para la toma de decisiones.

Un problema con el IDEF0 es la tendencia de sus modelos a ser interpretados como la representación de una secuencia de actividades. El IDEF0 no fue diseñado para modelar secuencias de actividades pues no marca momentos en el tiempo en el que se llevan a cabo las actividades, pero es fácil caer en este peligro. El acomodar actividades de izquierda a derecha puede causar esta mala interpretación, aunque la intención de este acomodo es que una actividad produce salidas que sirven como entradas a otras actividades.

ANEXO 3

ESTANDARES PARA EL INTERCAMBIO DE DATOS

Uno de los problemas en lograr la integración de la información (información correcta, en el lugar, momento y formato correctos) en las empresas es la existencia de una gran variedad de sistemas CAD, CAM, o CAE. Un proveedor puede utilizar CATIA y su cliente UNIGRAPHICS y el intercambio de archivos CAD en este caso representa un problema crítico. Incluso dentro de una misma empresa varios departamentos utilizan sistemas diferentes y el intercambio de datos resulta un punto crítico.

Actualmente existen estándares para intercambio de datos desarrollados en distintos países que constantemente actualizan sus versiones [Molina et.al.]. Entre ellos, se pueden citar los siguientes:

- IGES (Initial Graphics Exchange Specification)
- SET (Standard d'Exchange et de Transfer)
- VDA (Verband des Automobilindustries)

El problema con ellos es que sólo pueden representar datos geométricos y no datos como tipo de material, tolerancias del producto, acabados superficiales y otros datos requeridos en el ciclo de vida del producto. Además si utilizo versiones diferentes existe un gran

riesgo de pérdida de información. Por ejemplo, utilizar dos versiones diferentes de IGES para el intercambio de datos, provoca pérdidas de información.

Aunque el formato estándar IGES es de los más comunes no es un buen estándar de intercambio de información (entidades duplicadas, mala conectividad, etc.). Además, IGES no está bien implementado en todos los sistemas (geometría ausente, definiciones inválidas o no correctas), y cada sistema CAD modela de diferente forma (uso de diferentes tolerancias, diferente complejidad en los datos geométricos tales como superficies de orden muy elevado, etc.) [Tecnocae].

Por esta razón se ha desarrollado el estándar ISO 10303 para el intercambio de datos, este estándar conocido también como ISO STEP 10303 o STEP (Standard for the Exchange of Product model data) es el producto de esfuerzos internacionales. Es un estándar, no tiene versiones.

STEP provee una representación completa de los datos del producto a través de su ciclo de vida y está organizado como una serie de partes cada una publicada por separado.

Algunos beneficios del STEP son:

- Definición del producto sin papel (desde gráficas hasta documentos digitales)
- Intercambio de datos neutral entre sistemas heterogéneos
- Intercambio de datos neutral con clientes y proveedores
- Almacenamiento a largo plazo de los datos
- Apoyo al mantenimiento del Ciclo de Vida del Producto

- Importante para aplicaciones de Ingeniería Concurrente
- Comunicación de Redes mundiales de datos del producto en sistemas abiertos

En la figura A3-1 se puede apreciar la colaboración internacional para desarrollar el estándar ISO STEP 10303.

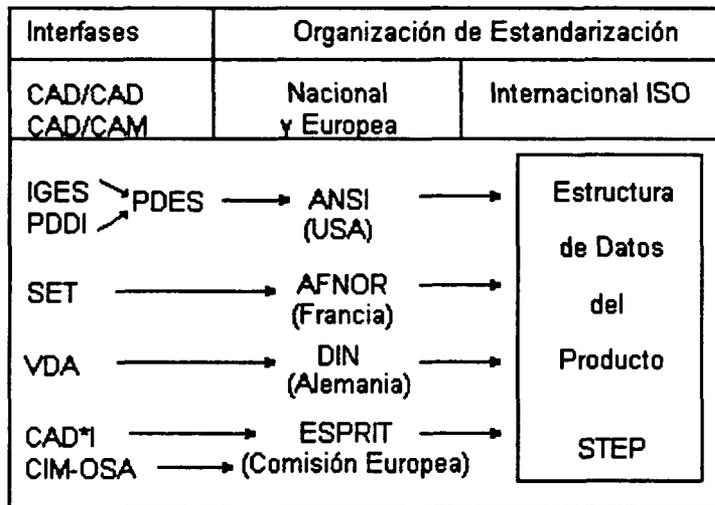


Fig. A3-1. Colaboración Internacional para el desarrollo del ISO STEP 10303

ANEXO 4

HERRAMIENTA DE EVALUACION

La herramienta de evaluación fue elaborada con base en la estructura de la IC, contemplando sus cuatro pilares: Organización, Información, Recursos Humanos y Tecnología. Su propósito es evaluar la condición actual del Proceso de Desarrollo del Producto para encontrar áreas de oportunidad a considerar para la implementación de la IC. Todos los puntos contenidos en ella son resultado del análisis de la práctica actual del desarrollo del producto en la industria mexicana.

La parte de Organización consta de 10 puntos:

- O1. Entendimiento del Ciclo de Vida del Producto
- O2. Conocimiento de la IC
- O3. Práctica de la IC
- O4. Integración del equipo multidisciplinario
- O5. Trabajo del equipo
- O6. Documentación de la experiencia y conocimiento
- O7. Enfoque al cliente
- O8. Proveedores
- O9. Enfoques de apoyo
- O10. Apoyo de la gerencia

La parte de Información abarca tres aspectos:

- I1. Datos del producto
- I2. Intercambio de datos
- I3. Capacidad de manufactura

La evaluación de la parte de Recursos Humanos incluye:

- R1. Motivación
- R2. Educación y entrenamiento
- R3. Empowerment

Por último la parte de tecnología abarca los puntos de

- T1. Infraestructura tecnológica
- T2. Adquisición de tecnología

Todos estos puntos se incluyen en una encuesta como la mostrada al final de este anexo. Esta encuesta *debe ser aplicada a diversos expertos en las distintas áreas del desarrollo del producto* (Ciclo de Vida) de la empresa particular.

Estos resultados deben promediarse. *Para cada opción elegida existe un valor numérico a asignar.* A la opción “muy mal” corresponde un valor de 1, a la opción “mal” un 2 y así hasta la opción “excelente” que corresponde un 5. A la opción “no aplica” corresponde un cero. Los puntos obtenidos se dividen entre el número de gentes *evaluadas para obtener un promedio.* Ejemplo si cinco personas realizan la encuesta evaluando para el

punto O1 las calificaciones: 4,3,3,2,3 el punto a graficar será la suma entre cinco es decir $15/5 = 3$. Cuando existe una opción “no aplica” con un valor numérico de cero, el promedio se efectúa sólo para la gente a la que aplica esa opción. Por ejemplo si el punto T2, adquisición de tecnología, es evaluado por 7 representantes de diversas áreas de la empresa y recibe 4 valores entre 1 y 5 y tres ceros, entonces el promedio será entre cuatro, no entre siete, pues sólo se consideran las áreas donde aplica la opción. Cada uno de estos puntos se grafica en un mapa como el mostrado en la figura A4-1.

El mapa es fácil de interpretar como lo muestran las ayudas incluidas. El círculo interior representa la condición “muy mala” de operación y el círculo exterior representa la condición “excelente” de operación. *Estos resultados muestran el desempeño del Proceso de Desarrollo del Producto de la empresa y por tanto las distintas áreas de oportunidad para mejorarlas en un ambiente de Ingeniería Concurrente.*

Como ya se mencionó el formato de la figura A4-1 tiene más presentación, pero por simplicidad el autor también utiliza el Excel para realizar estas gráficas más rápidamente como las mostradas en la figura 4-9 con los tres casos evaluados con la herramienta.

La encuesta a aplicar para construir el mapa mostrado en la figura A4-1 se incluye en el capítulo cuarto.

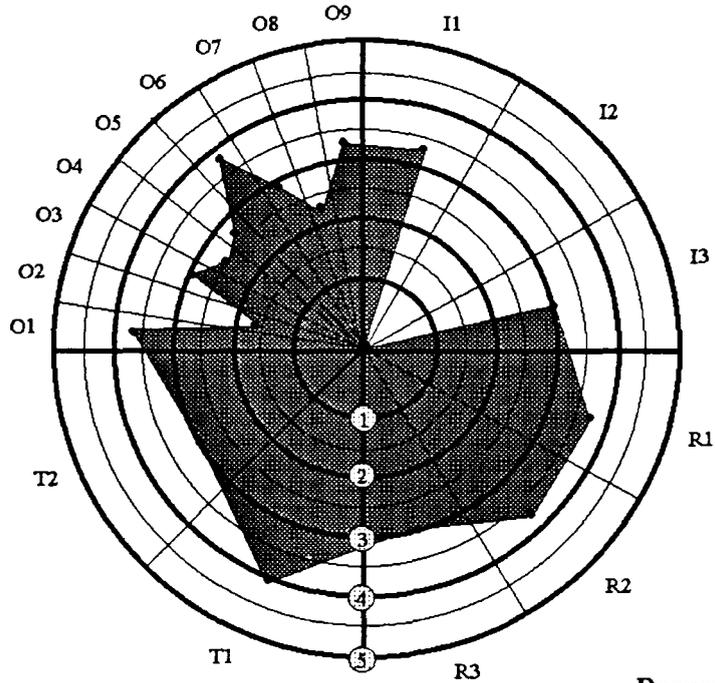
Organización

Evaluación del Desempeño del Desarrollo del Producto de Empresa A

Información

- O1 Entendimiento del CVP
- O2 Conocimiento de la IC
- O3 Integración de equipos
- O4 Trabajo de equipo
- O5 Documentación y uso de experiencia
- O6 Enfoque al cliente
- O7 Involucramiento de proveedores
- O8 Aplicación de enfoques QFD, DFX, FMEA
- O9 Apoyo de la gerencia al equipo
- I1 Administración y uso de datos del producto
- I2 Intercambio de datos
- I3 Documentación y uso de las capacidades de manufactura
- R1 Motivación
- R2 Entrenamiento y capacitación
- R3 Empowerment
- T1 Infraestructura tecnológica
- T2 Adquisición de tecnología

- ① Muy mal ④ Bien
- ② Mal
- ③ Regular ⑤ Excelente



Tecnología

Recursos Humanos

Figura A4-1. Representación gráfica de la Herramienta de Evaluación

ANEXO 5

TEMARIO DEL SEMINARIO DE INGENIERIA CONCURRENTE

El Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente (CERG-IM) imparte un seminario en la etapa de Introducción de la IC ya sea en las instalaciones del ITESM o en las mismas compañías. Este seminario se ha impartido a empresas como Vitro, Grupo Ramírez, Grupo Torrey, Multy-Panel, Carrier en donde, como resultado, el interés de la industria mexicana sale a relucir. Asimismo es un curso abierto para la industria en el ITESM Campus Monterrey y se ha impartido como curso abierto en la Universidad del Norte en Colombia. Este curso introductorio de Ingeniería Concurrente tiene 16 horas de duración y contiene los siguientes puntos:

- **Introducción a la Ingeniería Concurrente (IC)**
 1. Ciclo de vida del producto
 2. Enfoque secuencial tradicional del desarrollo del productos (comunicación “sobre la pared”)
 3. La filosofía de la IC (definición y enfoque de la IC)
 4. Casos de estudio de IC (Honda, Xerox, VW)
- **Aspectos Organizacionales de la IC**
 1. La Empresa Extendida (relación OEM-cliente-proveedor)
 2. Areas clave en el desarrollo de productos
 3. Tipos de equipos para el desarrollo de productos

4. Administración efectiva de equipos de trabajo y proyectos
- Métodos y técnicas para la IC
 1. Tecnología de características (feature technology)
 2. Diseño para manufactura (DFM)
 3. Diseño para ensamble (DFA)
 4. Despliegue de la función de calidad (QFD)
 5. Casos de estudios prácticos
 - Tecnologías de Información
 1. Clasificación de la información del ciclo de vida del producto
 2. Integración de CAD/CAM/CAE
 3. Tecnología de datos del producto
 4. Intercambio de datos del producto (IGES/STEP)
 5. Administración de los datos del producto
 6. Información del proceso de manufactura
 - Casos prácticos de la aplicación de IC en la industria mexicana
 1. El diseño del producto y proceso en la industria de aparatos domésticos
 2. Sistemas CAD/CAM para reducir el tiempo de diseño en la industria de autopartes
 3. Reglas de manufacturabilidad para el desarrollo de nuevos productos

Este seminario empieza a integrar la estructura de trabajo de la IC recién desarrollada por el CERG-IM así como un panorama general de la metodología propuesta por el autor haciendo énfasis en la herramienta de evaluación de la práctica actual del desarrollo del producto y de la planeación para la IC.

GLOSARIO

CERG-IM. Grupo de Investigación de Ingeniería Concurrente del ITESM Campus Monterrey (Concurrent Engineering Research Group - Itesm campus Monterrey)

IC. Ingeniería Concurrente

SMIC. Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente

BIBLIOGRAFIA

[Ahmed 1994]. M S Ahmed, J A G Knight, H S Abdala. "Global Concurrent Engineering". ESPRIT project 7752. Commission of the European Community. 1994.

[Al-Ashaab CERG]. Al-Ashaab, Ahmed H.S. "Aplicación de la Tecnología de Datos del Producto en el grupo UNIKO". Concurrent Engineering Research Group, ITESM Campus Morelos.

[Al-Ashaab et. al. 1999] Al-Ashaab Ahmed, Molina Arturo. "Concurrent Engineering Framework: A Mexican Perspective". The International Conference of Concurrent Engineering Research and Application. Bath, England. 1999.

[Browne et.al. 1997] Browne, J. Hunt, Zhang, J. "The Extended Enterprise", Handbook of Cycle Engineering Concepts, Tools and Techniques. Edited by Molina A., Sanchez and Kusiak A. Chapman and Hall.

[CADCentre] CAD Centre Home Page. Postgraduate teaching and research unit at Strathclyde University, Glasgow in Scotland. <http://www.cad.strath.ac.uk/>

[Carlson] Carlson Susan E. Department of Mechanical, Aerospace, and Nuclear Engineering. University of Virginia. Ter-Minassian Natasha. IBM Manufacturing Sector. "Planning for Concurrent Engineering"

[Carolla 98] Carolla Development Inc. Home page <http://www.carolla.com/wp-ce.htm>

[Carter 92] Carter, Donald; Baker, Barbara. "Concurrent Engineering: The Product Development Environment for the 1990's". Addison-Wesley Publishing Co. 1992

[Cats-Baril 1997]. Cats-Baril, William. Thompson, Ronald. "Information Technology and Management". Irwin Book Team. 1997.

[CERG-IM]. Concurrent Engineering Research Group ITESM Campus Monterrey. Organización encargada de diseminar la IC en México para su entendimiento e implementación.

[EMP 97] Engineering Management Program, Portland State University, Oregon USA
http://www.emp.pdx.edu/Searchable/Std_projects%20PDF%20files/emp-9771/design/DFX/dfxterms.htm

[Evans 1995]. Evans, Stephen; Lettice, Fiona y Smart, Palminder. "A faster, cheaper and safer route to CE". World Class Design to Manufacture. Vol. 2 . No. 2. pp. 10-16. 1995.

[Evans 97] Evans, Stephen. Cranfield University, The CIM Institute. "Implementation Methodology for Concurrent Engineering". FAST-CE. 1997.

[FAST CE 97] "Using Concurrent Engineering for Better Product Development: Guidebook". FAST Concurrent Engineering research project. The CIM Institute. 1997.

[González 1993]. González M. Eduardo. “Metodología para el diseño y desarrollo creativo de productos: un enfoque de ingeniería simultánea”. Tesis. ITESM Campus Monterrey. 1993.

[Hayes 1988]. Hayes, R.H., Wheelwright, S.C. and Clark, K. Dynamic Manufacturing. The Free Press, New York. 1988.

[IDEF 1999] www.idef.com IDEF website.

[InfoTEST 97] <http://www.infotest.com/what/team/ppt/eid/sld017.htm> InfoTEST International website. Organisation with a mission to develop the Internet as a mainstream channel for business.

[Kroemker 1998]. Kroemker, Mathias. “BIDPREP-Towards Simultaneous Bid Preparation”. BIBA- Bremen Institute of Industrial Technology and Applied Work Science. 1998. www.biba.uni-bremen.de/projects/bidprep/bidpre4.htm

[Lee 1990]. Lee Q & Wrennall W. IIE Integrated Systems Conference 1990 .

[López 92]. Vicente López Espinosa. “Estructuración de un Modelo para la Aplicación de la Ingeniería Concurrente.” Tesis. ITESM, Campus Monterrey. 1992.

[Mohammad]. Mohammad Ahmad, Abdul Muneem “Surpetitive Strategy the way forward for world class companies”. Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Montfort University.

[Molina et.al. 1999] Molina, Arturo., Al-Ashaab, Ahmed. “Ingeniería Concurrente, un enfoque integrado del desarrollo del producto”. Grupo de Investigación en Ingeniería Concurrente. Centro de Sistemas Integrados de Manufactura. ITESM Campus Monterrey. Guía utilizada en cursos de capacitación sobre Ingeniería Concurrente.

[NASA 1] “Concurrent Engineering Guideline for Aerospace Systems” Preferred Reliability Practices NASA. Practice No. GD-ED-2204. Marshall Space Flight Center.

[NASA 2] “Multidisciplinary Aerospace Design Optimization: Survey of Recent Developments” Jaroslaw Sobieszczanski-Sobieski, NASA Langley Research Center, Raphael T. Hafka, University of Florida.

[Owen 1996]. Owen, Stuart. “Simultaneous Engineering NETC Viewpoint”. Nissan European Technology Center Ltd. 1996.

[Prasad 1997] Prasad Biren. “Concurrent Engineering Fundamentals”. Volume II. Prentice Hall. 1997.

[RACE] RACE Concurrent Engineering Web Site. Eindhoven University of Technology
[Http://www.tue.nl/tm/race/ce/welcome.html](http://www.tue.nl/tm/race/ce/welcome.html)

[Reetz.1997] Reetz, U.; Krömker, M.; Thoben, K.D. y Weber, F.. “Information and Decision Support for the Selection of Methods and Tools Within Concurrent Engineering Environments”. 4th International Conference on Concurrent Enterprising. Octubre 1997. Nottingham, UK.

[Scott 1994]. Scott, M. G.. “Concurrent Engineering in a Global Manufacturing Context”. GE Lighting Ltd. Information Systems for Competitive Manufacture. Loughborough University of Technology. EPSRC. 1994.

[SME 90]. “Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing and Design”. Society of Manufacturing Engineers. First Edition

[SMIC 1 1997]. “¿Qué es la Ingeniería Concurrente?” pág. 3. Ingeniería Concurrente, Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente, No. 1, Mayo de 1997.

[SMIC 2 1997]. “Doctorado en Ingeniería Concurrente”, págs 4-5 Ingeniería Concurrente, Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente, No. 2, Septiembre de 1997.

[SMIC 1999] www.mor.itesm.mx/~smic/ceic. Centro de Información de Ingeniería Concurrente. Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente.

[SOCE 1998] Society of Concurrent Engineering. <http://www.soce.org>

[Syan 94] Chanan S. Syan, Unny Menon. "Concurrent Engineering, Concepts, Implementation and Practice". Editorial Chapman & Hall. 1994

[Tecnocae] <http://www.tecnocae.es/cadfix.htm> Tecnologías CAE Avanzadas, S.L. compañía suministradora de software CAE

[USDD 89]. "Findings of the U.S. Department of Defense Technology Assessment Team on Japanese Manufacturing Technology". June 1989.

[Winner 1999] Robert I. Winner, Ph.D. R. Winner & Associates, Hopkinton MA. Mail personal.

