

# Aplicación de las técnicas y tecnologías asociadas con la Ingeniería Simultánea en el sector *manufacturero de Barranquilla*

Carmenza Luna Amaya\*

---

## Resumen

*Este artículo se preparó con el objetivo de dar a conocer los resultados de la investigación que los ingenieros Luis Alberto Tarazona y Carmenza Luna Amaya, como directores del proyecto, y Roberto Consuegra, Rómulo Albarracín y Robert Ruiz, como autores, realizaron sobre el Diagnóstico del Sector Manufacturero de Barranquilla, con relación a las técnicas y tecnologías que apoyan la Ingeniería Simultánea.*

*Se presenta una breve descripción de estas técnicas y tecnologías y el análisis de la investigación que se realizó a 35 empresas seleccionadas como las de mayor perfil tecnológico dentro del sector manufacturero de Barranquilla. Se revisan y estudian aspectos claves en el uso de estas tecnologías, los cuales permiten identificar puntos débiles y oportunidades para plantear acciones al respecto. Este trabajo forma parte de los proyectos que desarrolla el Grupo de Investigación de Ingeniería Simultánea (GIIS) con el objetivo de estudiar, conocer y difundir esta filosofía en las empresas.*

**Palabras claves:** Ingeniería Simultánea, Ingeniería Concurrente, Desarrollo de productos, Diseño Asistido por Computador (CAD), Manufactura Asistida por Computador (CIM), Diseño para Manufactura y Ensamble (DFMA), Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), Intercambio Electrónico de Datos (EDI), Simulación, Mejoramiento Continuo (Kaizen), Control Total de Calidad (CTC), Despliegue de la Función de Calidad (QFD), Técnicas Taguchi, Control Estadístico de Procesos (CEP), Análisis del Valor (AV), Justo a Tiempo (JIT), *Benchmarking*, *Outsourcing* y Trabajo en Equipo.

## Abstract

*This article was prepared with the purpose of showing the results obtained by Engs. Luis Alberto Tarazona and Carmenza Luna Amaya, as project directors, and Roberto Consuegra, Rómulo Albarracín and Robert Ruiz, as authors, in their Diagnosis of The Manufacturing Industry of Barranquilla, related with the techniques and technologies that support Simultaneous Engineering.*

Fecha de recepción: 10 de octubre del 2000

---

\* Ingeniera Industrial, Universidad Industrial de Santander; Especialista en Gerencia de Empresas Comerciales, Universidad del Norte; Especialista en Gestión Industrial, Universidad Politécnica de Valencia (España) y candidata a doctor de esa misma universidad. Profesora del Departamento de Ingeniería Industrial. (e-mail: cluna@uninorte.edu.co)

*Here is a brief description of those techniques and technologies and the analysis of the investigation made with 35 factories chosen as to have the highest technologic profile in the manufacturing industry. Key aspects in the use of these technologies are reviewed and studied, which allows to identify the weaknesses and oportunities to propose actions.*

*This work is a part of the projects that the Group of Investigation of Simultaneous Engineering (GIIS) is developing, with the purpose of studying, getting to know and showing this phylosophy to the industry.*

**Key words:** Simultaneous Engineering, Concurrent Engineering, Product Development, Computer Asisted Design (CAD), Computer Asisted Manufacturing (CAM), Design for Manufacturing and Assembling (DFMA), Electronic Data Interchange (EDI), Simulation, Continued Improvement (Kaizen), Total Quality Control (TQM), Taguchi Techniques, Statistical Quality Control, Value Analysis, Just in Time, Benchmarking, Outsourcing and Group Work.

## 1. INTRODUCCION

A raíz de la globalización y en general de los procesos de reconversión iniciados en el país en esta última década, el concepto de «competitividad» ha cobrado gran fuerza y generado un movimiento en el que los sectores productivos son protagonistas principales. El reto de transformar productos competitivos de talla mundial, implica poder competir con precios que correspondan a la franja de mercado estimada, con calidad certificada, con tiempos de entrega oportunos y con productos hechos pensando en el cliente.

Ante esta realidad, los sectores productivos deben orientarse hacia enfoques que permitan innovaciones, fruto del conocimiento y la tecnología, y que garanticen el compromiso con la calidad y la rapidez de respuesta especialmente.

La Ingeniería Simultánea o Concurrente se constituye en una estrategia empresarial orientada a acelerar el pro-

ceso de desarrollo de productos, ya que se crea un entorno en el que el conjunto de la empresa participa en la función de diseño. «Es un enfoque integrado del desarrollo del producto que hace énfasis en las expectativas del cliente, apoya los valores de trabajo en equipo multidisciplinario como la cooperación y la confianza y el compartir e intercambiar información y conocimiento, de tal manera que la toma de decisiones durante la etapa de diseño considere simultáneamente todos los aspectos del Ciclo de Vida del Producto (CVP)»<sup>1</sup>.

Por las características del sector manufacturero y por el énfasis de la Ingeniería Concurrente en el trabajo simultáneo desde la función de diseño, aquél se convierte en sector clave para la aplicación de esta filosofía. No se puede afirmar categóricamente que una empresa aplica o no Ingeniería Concurrente; su implementación depende del trabajo simultáneo en la ejecución de las diferentes actividades del desarrollo del

<sup>1</sup> AHMED, H.S. *Al Ashaab*. Morelos (Monterrey), Sociedad de Ingeniería Concurrente, 1997.

producto, así como de la interacción de las áreas organizacionales que intervienen en éste. Aunque el conocimiento de la Ingeniería Simultánea entre el sector manufacturero no está altamente difundido, sí se ha hecho uso de técnicas que la apoyan, lo cual favorece, de alguna manera, que se trabaje en el conocimiento, la difusión y la implementación de esta filosofía.

El objetivo de este artículo es presentar y analizar los resultados de la investigación realizada por parte del Grupo de Investigación de Ingeniería Simultánea (GIIS) de la Universidad del Norte en empresas del sector manufacturero de Barranquilla consideradas como las de mayor perfil tecnológico, para establecer el diagnóstico actual con relación a la aplicación de las técnicas que soportan y apoyan la Ingeniería Simultánea.

## 2. TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS QUE APOYAN LA INGENIERÍA SIMULTÁNEA

Para alcanzar sus objetivos se debe tener claro que la Ingeniería Simultánea es una filosofía que abarca la interdependencia del conjunto de los aspectos infraestructurales y tecnológicos de cualquier organización. Estos involucran el uso de tecnologías blandas que hagan posible una práctica de gestión eficaz, especialmente en procesos y procedimientos que promuevan la calidad, la planeación y el trabajo en equipo multidisciplinario que permita replantear la cultura de la organización a to-

dos sus niveles, lo cual facilita la participación interfuncional y propicia el trabajo paralelo. También se requiere el uso de tecnologías duras, las cuales simplifican el manejo de información y los procesos de diseño y fabricación para la obtención de productos y servicios.

Se recurrió a una revisión bibliográfica detallada referente a las técnicas utilizadas en la práctica de la Ingeniería Simultánea, para identificar las más relevantes, especialmente para el entorno industrial de Barranquilla. El equipo de investigación definió un grupo de tecnologías que se consideraron representativas para el estudio, sobre las cuales se hace una breve descripción y referencia a su relación con la Ingeniería Concurrente.

### 2.1. TECNOLOGÍAS DURAS

#### Diseño Asistido por Computador (CAD)

*«Es cualquier sistema que hace uso de los computadores para ayudar en la creación o modificación de un diseño»<sup>2</sup>.*

Una de las principales ventajas de los sistemas CAD es la interactividad y la facilidad para crear nuevos diseños. Esto los relaciona directamente con la Ingeniería Simultánea, ya que con su utilización se pueden obtener diseños más precisos y en menor tiempo.

<sup>2</sup> MOMPIN, José. *Sistemas CAD/CAM/CAE. Diseño y fabricación por computador*. Marcombo, 1992.

## Manufactura Asistida por Computador (CIM)

«Es la utilización efectiva de la tecnología computacional en la administración, el control y la operación de una instalación de fabricación a través de una interfase directa o indirecta con los recursos humanos o físicos de la compañía»<sup>3</sup>.

Con la aplicación de estas tecnologías de computación en la fabricación se obtiene mayor rapidez en el proceso, sobre todo con las máquinas de control numérico, con lo cual, a su vez, se logra una mayor precisión y se afecta positivamente la calidad de los productos, objetivos que persigue la Ingeniería Simultánea.

## Diseño para Manufactura y Ensamble (DFMA)

Es un procedimiento sistemático para analizar y cuantificar los diseños propuestos desde el punto de vista de la manufactura y del ensamble. Se han desarrollado *softwares* que apoyan las actividades de diseño con lo cual se previene sus implicaciones en la fase de manufactura. Aquí se manejan datos sobre las características de los materiales, características de fabricación y parámetros de montaje, donde se analiza no sólo el componente individualmente sino el conjunto del sistema.

<sup>3</sup> ARNEDEO R., José M. *Fabricación integrada por computador (CIM)*. Marcombo, 1992.

Las herramientas del DFMA animan un diálogo entre el diseño y la fabricación o cualquier otra disciplina que forme parte en la determinación del coste final de un producto. Permite la revisión de un viejo diseño o la consecución de uno nuevo, consolida o elimina piezas y estima costos para ensamble y manufactura<sup>4</sup>.

## Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)

«Es un proceso sistemático para evaluar los modos de falla y las causas asociadas con el diseño y procesos de manufactura de un nuevo producto»<sup>5</sup>.

El AMEF procura encontrar los distintos modos de falla de un producto antes que se fabrique. Desde la etapa de diseño muestra las probabilidades de falla de las distintas partes que conformarán el producto, lo cual permite ahorrar costos en mantenimiento, reparaciones, reprocesos, accidentes y propicia productos seguros.

## Intercambio Electrónico de Datos (EDI)

Es el intercambio entre sistemas de información, por medios electrónicos, de datos estructurados según normas de mensajes acordadas. El EDI es un siste-

<sup>4</sup> HARTLEY, John R. *Concurrent Engineering*. Reino Unido, 1990.

<sup>5</sup> GONZÁLEZ, Carlos. *Normas Internacionales de Administración de Calidad y Sistemas Ambientales*. McGraw-Hill.

ma ideado con el fin de efectuar transferencias electrónicas de información y documentación involucrada en transacciones comerciales o administrativas, las cuales son realizadas en computadoras geográficamente separadas.

### **Simulación**

Es el desarrollo de un modelo lógico-matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. Con ella se pueden manipular los diseños de los productos y los procesos, según unas condiciones adecuadas para obtener alta calidad, reducción de costos, alta productividad y, sobre todo, reducir la probabilidad de fracaso de los diseños en la realidad.

El uso de la Simulación permite estimar, sobre prototipos virtuales, cuál será el comportamiento físico futuro de un producto, y facilita, de esta manera, la detección rápida de fallas y las modificaciones respectivas al mismo. Por esto, diseñar con base en la utilización de prototipos virtuales es un hecho deseable para minimizar los riesgos de quedar desfasados en un mercado cada vez más exigente y competitivo<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> XAYNETO. *Mecánica Aplicada SL. Integración de Ensayo y Simulación en un entorno de Ingeniería Concurrente*. 1998.

## **2.2. TECNOLOGÍAS BLANDAS**

### **Mejoramiento Continuo (Kaizen)**

*«El Kaizen significa mejoramiento continuo o progresivo en el cual se encuentra involucrada toda la empresa, incluyendo tanto las directivas, la alta administración como a los trabajadores; en sí, éste es un asunto de todos. Supone que la organización, los procesos, los productos, la vida de trabajo, siempre pueden estar en un continuo mejoramiento»<sup>7</sup>.*

Los objetivos de la Ingeniería Simultánea coinciden con los del Kaizen en términos de calidad, costo, servicio al cliente. Igual que para aquélla, en el Kaizen el trabajo en equipos multidisciplinarios es clave para lograr resultados.

### **Control Total de Calidad (CTC)**

Es la puesta en práctica de un sistema que busca eliminar las causas de los defectos en la producción. Pretende que con su aplicación se desarrolle, diseñe, manufacture y mantenga un producto de calidad, económico, útil y siempre satisfactorio para el consumidor. El apoyo de la filosofía del CTC en las etapas de diseño, de mantenimiento, operación, manejo y seguimiento del producto, está totalmente acorde con el enfoque de la Ingeniería Simultánea, en la cual la calidad se asegura desde el principio mediante el diseño en paralelo.

<sup>7</sup> IMAI, Maasaki. *Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa*. México.

## Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

«Es un método de incorporar los deseos de los clientes en las especificaciones de diseño de un producto»<sup>8</sup>.

Es una de las técnicas disponibles más valiosas en la implantación de la Ingeniería Simultánea, ya que asegura que el producto satisfaga las necesidades del cliente en la fase de concepto y en la de producción.

## Técnicas Taguchi

«Es una técnica valiosa, que se utiliza para optimizar los parámetros básicos y chequear el efecto de las variaciones en los montajes de la fabricación»<sup>9</sup>.

El enfoque básico de Taguchi consiste en que el diseño debe hacerse robusto, esto es, apto para fabricarse con buena calidad a pesar de las variables inevitables en el proceso de fabricación. Estas herramientas permiten lograr mejores resultados en la aplicación de la Ingeniería Simultánea.

## Control Estadístico de Procesos (CEP)

El CEP se apoya en herramientas estadísticas que sirven como medio útil para identificar condiciones anormales de los procesos y mantenerlos en condiciones estables. Entre las principales

herramientas se encuentran los diagramas de Pareto, los diagramas Causa-Efecto, histogramas, los diagramas de dispersión, las gráficas de control, análisis de varianza.

A través del CEP se pueden medir las fluctuaciones en el proceso, para determinar si éste se encuentra en buen funcionamiento o fuera de control. Estas mediciones suministran unos datos estadísticos que son de gran utilidad para la toma de acciones correctivas.

## Análisis del Valor (AV)

Según Kenneth A. Crow, presidente de *DRM Asociados*, el valor de un producto es interpretado de diferentes maneras por cada cliente. Su característica más común es un alto nivel de desempeño, capacidad, estilo, etc., relativos a su costo. «Es un enfoque creativo y organizado, cuya finalidad es la identificación eficiente de los costos innecesarios, como aquellos que no aportan calidad, aplicación, duración, presentación o atractivo para el cliente»<sup>10</sup>.

Este método no sólo logra disminuir los costos de los productos, sino que además ayuda a la mejora del Ciclo de Vida del Producto (CVP), es decir, lo hace más competitivo. Esta metodología mejora el diseño del producto y disminuye los costos, ya que provee un método de comunicación dentro de un equipo de trabajo multidisciplinario de de-

<sup>8</sup> CHASEY, Aquilano. *Dirección y Administración de la Producción y de las operaciones*. Editorial Irwin.

<sup>9</sup> HARTLEY, John R., *op. cit.*

<sup>10</sup> MILES, Lawrence. *Análisis del Valor*. México, Deusto, 1970.

sarrollo del producto y busca siempre el consenso del equipo.

### Justo a Tiempo (JIT)

Es un conjunto de actividades integradas, diseñadas para obtener un alto volumen de producción utilizando inventarios mínimos de componentes que llegan al centro de trabajo. Es un proceso para lograr mejoras continuas a través de la eliminación sistemática del desperdicio y de la variabilidad. Por definición, los programas JIT abarcan no sólo las técnicas de control de producción, como los sistemas Kanban, sino también los programas de control de calidad total, la capacitación de los empleados y las iniciativas involucradas en el diseño y la instalación de las líneas, entre otras.

Su relación con la Ingeniería Simultánea es estrecha, ya que en ésta se manejan conceptos que involucran programas de control de calidad total, de apoyo de valores de cooperación y confianza entre el grupo interdisciplinario. El diseño de la instalación y de las líneas de productos es un trabajo que, al igual que la Ingeniería Simultánea, se va a ver reflejado a lo largo de todo el Ciclo de Vida del Producto.

### Benchmarking

En una frase, *Benchmarking* es «aprender de los mejores». «Es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos y servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como repre-

sentativas de las mejores prácticas con el propósito de realizar mejoras organizacionales»<sup>11</sup>.

Al igual que en la Ingeniería Simultánea, en el *Benchmarking* se da amplia importancia al trabajo de equipos multidisciplinarios implicados en el proceso de estudio, con el fin de evitar rivalidad entre los responsables de la línea y los asesores, para que en las primeras fases del CVP se destaquen las fallas y/o fortalezas de éste y sus competidores, de tal manera que se hagan las mejoras requeridas.

### Outsourcing

«Es una megatendencia que se está imponiendo en la comunidad empresarial mundial y consiste básicamente en la contratación externa de recursos anexos, mientras la organización se dedica exclusivamente a la razón de sus negocios»<sup>12</sup>.

Al igual que la Ingeniería Simultánea, el *outsourcing* busca que las compañías obtengan ventajas y beneficios en costo, calidad y servicios. Los trabajadores de la compañía pueden dedicar su tiempo al verdadero propósito de su negocio. Se logra además seguridad y confianza al contar con un proveedor integral que ayudará a mantener el inventario y a reducir los costos generados por las compras.

<sup>11</sup> SPENDOLINI, Michael J. *Benchmarking*. Bogotá, Norma, 1994.

<sup>12</sup> INTERNET. [Http://sedesur.uanarino.edu.co/](http://sedesur.uanarino.edu.co/)

## Trabajo en Equipo

Es la interacción de los elementos componentes del equipo para el logro de objetivos comunes. Estos están compuestos por personas pertenecientes a la empresa, o instituciones, proveedores y/o clientes.

La Ingeniería Simultánea se apoya en el trabajo en equipo, ya que éste ayuda a que cada persona que conforma el equipo pueda emitir juicios y sean confrontados con los de los demás, con lo cual se logra una alta efectividad en la toma de decisiones. Para la filosofía en estudio, el establecimiento de equipos de trabajo multidisciplinario es pieza clave para lograr resultados efectivos, ya que el trabajo paralelo se da en la medida que el conocimiento y la información se comparten desde el inicio del Ciclo de Vida del Producto, para adelantar la toma de decisiones.

## 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### Tema de investigación

Dado que la Ingeniería Simultánea y las técnicas y tecnologías que la apoyan son un tema que no ha sido tratado en el contexto del sector manufacturero de Barranquilla, el propósito general fue determinar tendencias o señalar las posibles relaciones que pudieran existir entre las variables de este proyecto.

El tema central de este estudio fue detectar las tendencias de las empresas

que conformaron la muestra, con respecto a la evaluación de las variables para las técnicas seleccionadas como apoyo a la Ingeniería Simultánea:

- *¿Cómo es el nivel de conocimiento que posee la empresa sobre las técnicas?*
- *¿Qué importancia le atribuye la empresa a las técnicas?*
- *¿Cuál es el grado de utilización de las técnicas por parte de la empresa?*
- *¿Qué nivel de dificultad (barreras) tiene la empresa para la aplicación de las técnicas?*
- *¿Cuál es el grado de beneficio que obtiene la empresa por la aplicación de las técnicas?*
- *¿Cuál es el nivel de implantación de las técnicas en la empresa?*

### Variables

A continuación presentamos las variables que se seleccionaron como de mayor impacto en la evaluación de las técnicas y tecnologías de apoyo a la Ingeniería Simultánea: Nivel de conocimiento, Importancia atribuida por la empresa, Grado de utilización, Barreras de aplicación, Beneficios de aplicación, Nivel de implantación.

Las calificaciones que se utilizaron para estas variables fueron: Nulo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto.

Sin embargo, es importante resaltar que en esta investigación se analizaron otras variables que al ser evaluadas por la empresa permitieron conocer la estructura organizacional, las comunicaciones, los equipos multidisciplinarios, la gestión estratégica y otros aspectos tecnológicos, que enriquecieron el diagnóstico que se hizo del sector manufacturero con relación a las técnicas mencionadas.

### **Muestra seleccionada**

Se consideró que el tipo de muestreo que más se identifica con el estudio es el muestreo por juicio o intencional, ya que se emplearon criterios muy particulares y características específicas para lograr los objetivos de la investigación.

Para seleccionar las empresas que participaron en el estudio fue importante la información suministrada por la Cámara de Comercio de Barranquilla sobre un listado de las empresas del sector manufacturero de la ciudad e información sobre tamaño y activos. Igualmente, la información de las revistas LA NOTA: «Compendio Sector Real 1998. Las 2.000 empresas más grandes» (edición especial, diciembre de 1998), y PORTAFOLIO: «Las mil empresas más grandes de Colombia» (septiembre de 1999).

Las características más importantes que se tuvieron en cuenta al seleccionar la muestra fueron:

- *Se intentó abarcar la mayor parte de las*

*actividades que cubre el sector manufacturero.*

- *Empresas con reconocidos resultados en sus operaciones.*
- *Empresas con énfasis en la innovación de sus productos.*
- *Empresas con mayor perfil tecnológico.*

La muestra quedó conformada por 35 empresas. El cuadro 1 presenta la clasificación por subsector de las empresas participantes en el estudio. Se destacan los subsectores de «alimentos» y «metalmecánico» como los de mayor participación en la muestra.

### **Recolección de la información**

Se diseñó un cuestionario cerrado, el cual fue aplicado como prueba piloto en tres empresas y a dos profesionales que conocían el tema de Ingeniería Concurrente, con el fin de obtener sugerencias y recomendaciones y detectar inconsistencias en el cuestionario, para ajustarlo.

El levantamiento de la información se hizo en la mayoría de los casos personalmente a los funcionarios involucrados en las actividades relacionadas con la gestión tecnológica en la empresa, lo que facilitó la colaboración de los encuestados y evitó el sesgo debido a la interpretación inadecuada de las preguntas. En los pocos casos en que no se aplicó el cuestionario personalmente, éste fue remitido, junto con las instruc-

**Cuadro 1**  
Subsectores participantes en la investigación

SUBSECTOR	Nº DE EMPRESAS	PARTICIPACIÓN (%)
Alimentos	7	20
Bebidas	2	6
Confecciones	1	3
Textiles	1	3
Artículos de cuero	1	3
Productos químicos	3	8
Productos farmacéuticos	1	3
Caucho	1	3
Productos de plástico	4	11
Metalmecánico	14	40
<i>Total empresas</i>	35	100

ciones de diligenciamiento, para ser posteriormente comentado por teléfono.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

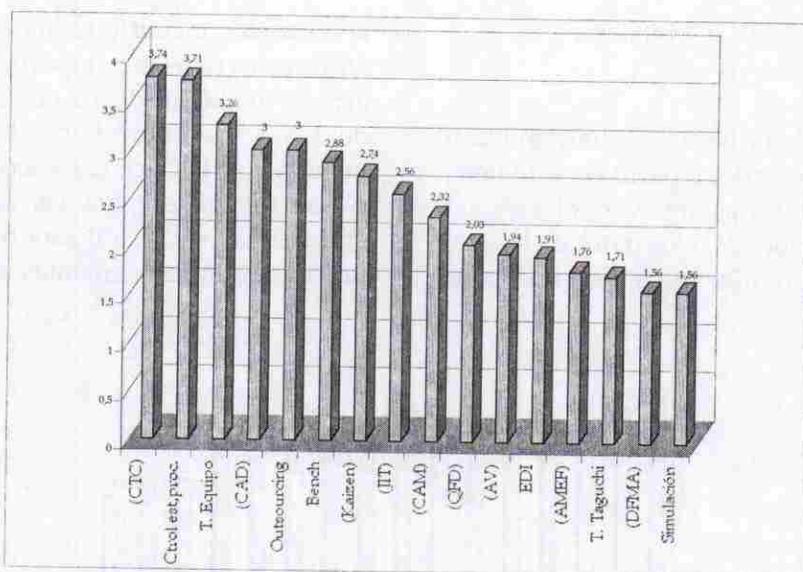
Cuando se indagó en las empresas sobre el conocimiento que tenían sobre Ingeniería Simultánea, 23 de ellas (el 68%) contestaron negativamente; sin embargo, esto no quiere decir que dentro de las empresas encuestadas no se haya dado un acercamiento a la simultaneidad de trabajos. Además se detectó que en algunos casos hay trabajo efectivo en equipos, tratamiento integral de información, buenas comunicaciones al interior y exterior de la empresa, características éstas que permiten propiciar el clima del trabajo simultáneo aunque las empresas no conozcan como tal los fundamentos de la Ingeniería Concurrente.

#### 4.1. NIVEL DE CONOCIMIENTO

La figura 1 presenta los resultados obtenidos del **nivel de conocimiento** aplicado a las 16 técnicas estudiadas. Se aprecia que el nivel del conocimiento del conjunto de técnicas es de 2.7 y está entre «medio» y «bajo» en una escala de 1 a 5. Esto indica una oportunidad para ofrecer programas de capacitación en estas áreas, así como la revisión de los planes de estudio de los programas de pregrado en Ingeniería para analizar si se justifica o no la inclusión de estos temas en la formación de profesionales.

Sin embargo, este nivel de conocimiento debe ser analizado independientemente para cada técnica, lo cual permite una mayor consistencia en los análisis que se deriven de estos resultados.

El cuadro 2 muestra las técnicas «más» y «menos» conocidas en orden



**Figura 1.** Histograma de los promedios ponderados de la calificación del nivel de conocimiento

### Cuadro 2

Relación de las cinco técnicas MÁS y MENOS conocidas

Técnicas MÁS conocidas	Cal.	Técnicas MENOS conocidas	Cal.
Control Total de Calidad	3.74	Simulación	1.56
Control Estadístico de Procesos	3.71	Diseño para Manuf. y Ensamb.	1.56
Trabajo en Equipo	3.26	Técnicas Taguchi	1.74
Diseño Asistido por Computador	3.00	Análisis de Modo y Efectos de Falla	1.76
Outsourcing	3.00	Intercambio Electrónico de Datos	1.94

dades de los clientes que permiten reducir partes, funciones y costos desde el diseño. Esto puede ser un indicio de falta de conocimiento e interés de directivos y encargados del desarrollo del producto por buscar nuevas alternativas fuera de sus fronteras, que no sólo faciliten el diseño de productos sino que además disminuyan al máximo los inconvenientes y excesos asociados con éste.

El mayor nivel de conocimiento lo

alcanzó el Control Total de Calidad, seguido por el Control Estadístico de Procesos y el Trabajo en Equipo, técnicas consideradas blandas, con calificaciones que indican una difusión más o menos aceptable al interior del sector manufacturero. Esto concuerda con el hecho de tener dentro de las áreas de estudio de los planes de Ingeniería Industrial estos temas, lo cual hace suponer una relación con la aplicación práctica de estas áreas.

## 4.2. IMPORTANCIA ATRIBUIDA A LAS TÉCNICAS

Es importante hacer énfasis que el análisis presentado, a partir de este ítem, con relación a las cinco variables restantes, corresponde a los datos de las empresas que utilizan las tecnologías en cuestión.

aprecia claramente que las empresas atribuyen a éstas una importancia alta; el nivel medio fue de 3.8 en una escala de 1 a 5. Esto corrobora, de alguna manera, que las técnicas seleccionadas sí son relevantes para las empresas. Quienes las están utilizando les dan una importancia realmente alta.

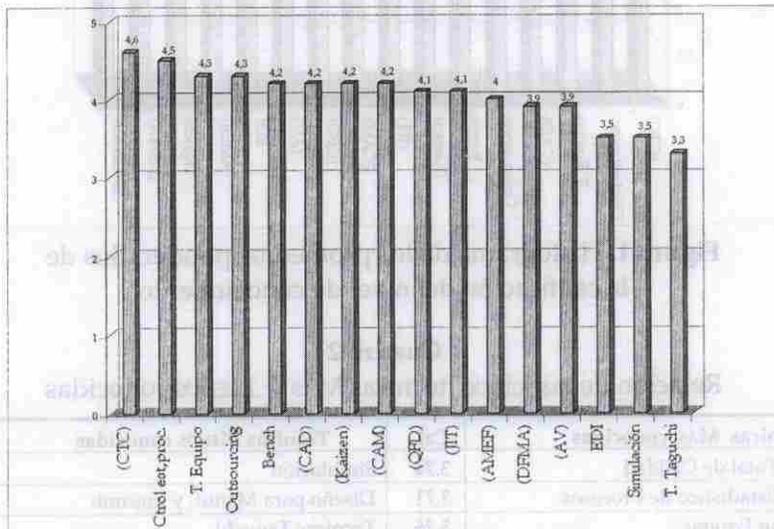


Figura 2. Histograma de la calificación de la importancia relativa (Promedio ponderado)

En la figura 2 se presenta el histograma de la calificación de la importancia relativa de las técnicas estudiadas. Analizando el conjunto de técnicas, se

El cuadro 3 presenta el resumen de las cinco técnicas «más» y «menos» importantes en orden ascendente y descendente, respectivamente.

**Cuadro 3**  
Relación de las cinco técnicas MÁS y MENOS importantes

Técnicas MÁS importantes	Cal.	Técnicas MENOS importantes	Cal.
Control Total de Calidad	4.6	Técnicas Taguchi	3.3
Control Estadístico de Procesos	4.5	Simulación	3.5
Trabajo en Equipo	4.3	Intercambio Electrónico de Datos	3.5
Outsourcing	4.3	Análisis del Valor	3.9
Benchmarking	4.2	Diseño para Manuf. y Ensamb.	3.9

Los resultados de este cuadro son muy significativos en cuanto a la alta importancia que los encuestados dan a las técnicas. Si se analizan las técnicas «más» y «menos» importantes, se aprecia que la calificación máxima de estas últimas fue 3.9, que en una escala de 1 a 5 es relativamente alta, lo cual confirma que la calificación para esta variable está en un rango «alto» para las 16 técnicas. Cabe resaltar aquí que el Control Total de Calidad es considerada como la técnica más importante, seguida del Control Estadístico de Procesos, del

portancia y el nivel de conocimiento que se tiene de las técnicas; aquellas que poco se conocen fueron evaluadas como poco importantes.

### 4.3. GRADO DE UTILIZACIÓN

Esta variable se refiere al grado de intensidad con que son utilizadas las diferentes técnicas y tecnologías en las aplicaciones para las cuales fueron adquiridas. La figura 3 muestra el histograma de la calificación ponderada del grado de utilización de las técnicas estudiadas.

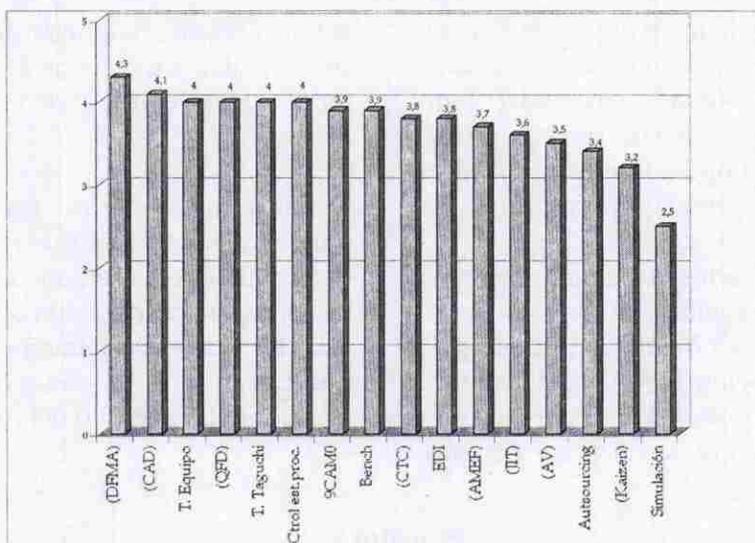


Figura 3. Histograma de la calificación ponderada de la intensidad de utilización de las técnicas y tecnologías

Trabajo en Equipo, del *Outsourcing* y del *Benchmarking*, la mayoría enfocadas a la gestión y al comportamiento cultural de la organización. Aquí se repite que las menos importantes para las empresas tienen relación con los aspectos más técnicos de ingeniería. Se puede comentar que hay relación entre la im-

Por lo presentado en la gráfica es importante destacar que se está evaluando el nivel de intensidad de uso, lo que indica que aunque sólo 6 empresas utilizan el DFMA, lo hacen en un nivel «muy alto» y «alto», y lo ubican en un puesto privilegiado de nivel de uso.

El puntaje general está en 3.7, en una escala de 1 a 5, lo cual indica que hay un buen nivel de uso. La Simulación figura como la de menor grado de utilización.

Se resalta que las técnicas «más» y «menos» utilizadas son prácticamente las mismas que se consideran «más» y «menos» importantes. Esto tiene un alto

**Cuadro 4**

Relación del MAYOR y MENOR nivel de utilización

Técnicas con MAYOR uso	Cal.	Técnicas con MENOR uso	Cal.
DFMA	4.3	Simulación	2.5
Diseño Asistido por Computador	4.1	Kaizen	3.2
Trabajo en Equipo	4.0	Outsourcing	3.4
QFD	4.0	Análisis del Valor	3.5
Técnicas Taguchi	4.0	Justo a Tiempo	3.6

De las estadísticas expuestas en el cuadro 4 y en la figura 3 se observa que las tecnologías con una mayor frecuencia de utilización con respecto a los promedios ponderados son: DFMA, CAD, Trabajo en Equipo y QFD.

Los resultados del estudio con respecto a las técnicas «más» y «menos» usadas, independientemente de su grado de utilización, fueron significativos. El cuadro 5 presenta en orden descendente del uso de las técnicas y tecnologías.

significado, en el supuesto de que sean implantadas y utilizadas aquellas técnicas que se consideran más importantes.

Estos datos reflejan otra oportunidad, en el sentido de que el poco uso determina que hay vacíos en la capacitación para la aplicación de varias de estas técnicas, especialmente las duras, que tienen que ver con los aspectos técnicos del desarrollo del producto.

**Cuadro 5**

Uso de las Técnicas y Tecnologías

Técnicas y Tecnologías	Nº Emp.	Técnicas y Tecnologías	Nº Emp.
Control Total de Calidad	24	Despliegue de Fun. Calidad	10
Control Estadístico de Procesos	24	Justo a Tiempo	10
Trabajo en Equipo	22	Análisis de Modo y Ef. Falla	8
Outsourcing	21	Diseño para Man. y Ensam.	6
Benchmarking	18	Análisis del Valor	6
Diseño Asistido por Computador	17	Intercambio Elect. de Datos	5
Kaizen	16	Simulación	4
Manufactura Asistida por Comp.	14	Técnicas Taguchi	2

Al consultar a las empresas que utilizan las técnicas sobre las razones de su uso, se pudo establecer que para el caso del Control Total de Calidad y el Control Estadístico de Procesos, que son las más utilizadas, la de mayor importancia se refiere al «mejoramiento de la calidad». Esto se debe a que la mayoría de las tecnologías blandas en estudio abarcan conceptos cuyos objetivos principales están encaminados a lograr este fin, tanto para los productos que se manufacturen como la de la organización en general.

En general, se observa que las razones para el uso de las técnicas y tecnologías duras quedaron clasificadas de la siguiente manera: primero, reducción de costos; segundo, mejorar la calidad; tercero, reducir tiempos de entrega.

Este análisis es de gran importancia, ya que está en directa concordancia con los objetivos que persigue la aplicación

de la Ingeniería Simultánea: **reducir los tiempos de entrega, aumentar la calidad y disminuir costos**. Si éstas se constituyen entre las principales razones por las cuales el sector manufacturero aplica las técnicas, es altamente probable que esté abierto a la aplicación formal de la Ingeniería Simultánea para lograr la competitividad en los mercados globalizados.

#### 4.4. BARRERAS DE APLICACIÓN

Las barreras que presenta el conjunto de las diferentes técnicas están representadas en la figura 4. Allí el conjunto presenta una media de 2.5, en una escala de 1 a 5, lo cual favorece a esta variable, ya que se puede considerar un valor «bajo», lo que indica que las empresas manifestaron que no tenían altas barreras para el uso de las técnicas. Esto es positivo en el caso de que se requiera hacer uso de ellas en la aplicación de la Ingeniería Simultánea. De todas formas,

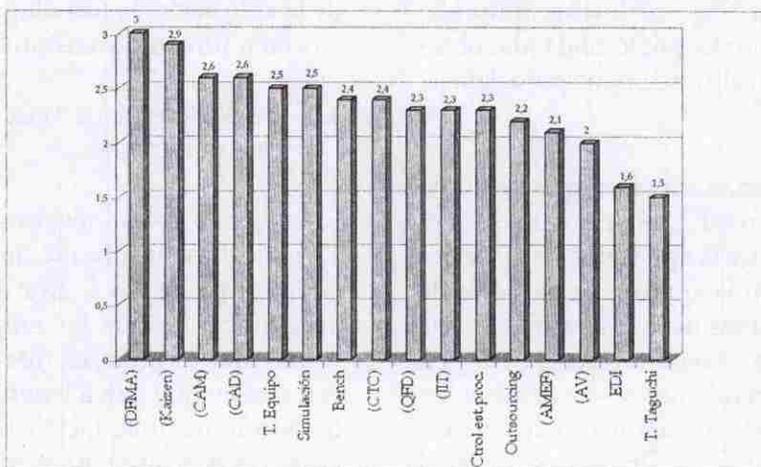


Figura 4. Histograma de la calificación ponderada de las barreras para la utilización de las técnicas y tecnologías

es importante hacer un análisis individual de las técnicas que presentan «más» y «menos» barreras en su aplicación, que permita revisar las posibles causas de éstas.

**Cuadro 6**

Relación de las cinco técnicas que presentan MÁS y MENOS barreras en su aplicación

Técnicas con MÁS barreras	Cal.	Técnicas con MENOS barreras	Cal.
Diseño para Manuf. y Ensam.	3.0	Técnicas Taguchi	1.5
Kaizen	2.9	Intercambio Electrónico de Datos	1.6
Manufactura Asistida por Comp.	2.6	Análisis del Valor	2.0
Diseño Asistido por Computador	2.6	Análisis de Modo y Efectos de Falla	2.1
Simulación	2.5	Outsourcing	2.2

En el cuadro 6 se aprecia que algunas de las técnicas con más barreras corresponden a las menos utilizadas, como el caso de Simulación. Sin embargo, no hay una relación muy directa que muestre que las más utilizadas sean las que tengan menos barreras. Esto se justifica, en parte, porque la calificación de barreras NO fue realmente muy alta para el conjunto, por lo cual todas obtuvieron una calificación con poca desviación.

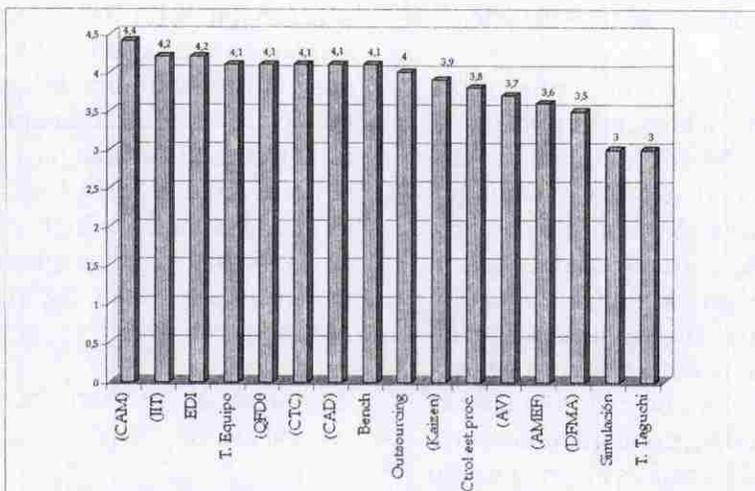
Es importante recalcar que el estudio sondeó acerca de las barreras más significativas para la aplicación de las técnicas, y concluyó que en la aplicación de las tecnologías duras, las barreras que tienen una mayor incidencia son, en orden descendente, el «costo elevado» y la «falta de conocimiento de las mismas». Aquí se resalta la oportunidad que tienen las instituciones que manejan programas de Ingeniería para ofrecer

capacitación en estas áreas de apoyo técnico para el desarrollo del producto. En el caso de las tecnologías llamadas «blandas», la barrera que más incide en la aplicación de las mismas es la «resistencia al cambio».

Esto se puede entender como una consecuencia de la cultura organizacional y laboral tradicionalista que impera en el sector manufacturero, en el cual muchos trabajadores llevan laborando varios años y no están preparados para asimilar los cambios que ocurren en las funciones como resultado de la aplicación de tecnologías ajenas a su entendimiento y costumbres.

#### 4.5. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS

El conjunto de las técnicas para esta variable presenta una media alta de 3.9, en la escala de 1 a 5. Esto favorece la apreciación de que las empresas que confirmaron la utilización de las técnicas consideran que van a tener altos beneficios con su implantación. Esta afirmación es muy positiva si se tiene en cuenta que parte de los objetivos de esta investigación fue sensibilizar a las empresas



**Figura 5.** Histograma de la calificación ponderada de los beneficios de las técnicas y tecnologías

sobre los beneficios que puede representar para ellas la aplicación de la Ingeniería Simultánea. Estos resultados se presentan en la figura 5.

El cuadro 7 muestra los resultados sobre la relación de las cinco técnicas que aportan mayores o menores beneficios en su implementación.

dicho. Aquí el dato más relevante que se debe tener en cuenta es el que considera que las Técnicas Taguchi y la Simulación se catalogan como las de menor beneficio para las empresas. Estas también estaban consideradas entre las de menor nivel de conocimiento. También es importante resaltar que aunque la Manufactura Asistida por

**Cuadro 7**

Relación de las cinco técnicas que aportan MÁS y MENOS beneficios en su implementación

Técnicas de MÁS beneficios	Cal.	Técnicas de MENOS beneficios	Cal.
Manufactura Asistida por Comp.	4.4	Técnicas Taguchi	3.0
Justo a Tiempo	4.2	Simulación	3.0
Intercambio Electrónico de Datos	4.2	Diseño para Manuf. y Ensamble	3.5
Trabajo en Equipo	4.1	Análisis de Modo y Efectos de Falla	3.6
Despliegue de la Función Calidad	4.1	Análisis del Valor	3.7

Dado que la media del conjunto de técnicas no difiere considerablemente, el análisis de este cuadro reafirma lo

Computador se colocaba entre las técnicas que presentaban mayores barreras en su aplicación, las empresas que la

utilizan reconocen sus altos beneficios.

El estudio incluyó un sondeo sobre el tipo de beneficio logrado por las empresas que aplicaron las diferentes técnicas. En general, se pudo concluir que el beneficio que tiene mayor incidencia en las tecnologías duras es la «reducción de costos de fabricación»; su aplicación ha permitido reducir los costos relacionados con la manufactura y en general con la operación. En cuanto a las tecnologías blandas, se nota que el beneficio de mayor incidencia es el «incremento de la calidad». Esto se puede interpretar como una tendencia a utilizar tecnologías blandas con el objetivo principal de impactar positivamente la función de calidad.

Estos resultados demuestran el interés de las empresas por ofrecer productos de mejor calidad para aumentar la

satisfacción sobre las necesidades y exigencias de los clientes. En general, se observó que las empresas han obtenido buenos resultados en la aplicación de estas técnicas y tecnologías, por lo cual se prevé igualmente buenos resultados en la aplicación de la Ingeniería Simultánea, puesto que han logrado alcanzar beneficios a través de algunas técnicas asociadas con ella.

#### 4.6. NIVEL DE IMPLANTACIÓN DE LAS TÉCNICAS

El grado de implantación de las técnicas se puede ver generalizado en la figura 6. El conjunto de técnicas presenta una media de 3.0, que ubica a las técnicas en general en un nivel de implantación «medio». El análisis detallado puede observarse en el cuadro 8, que resume las técnicas con «mayor» y «menor» grado de implementación.

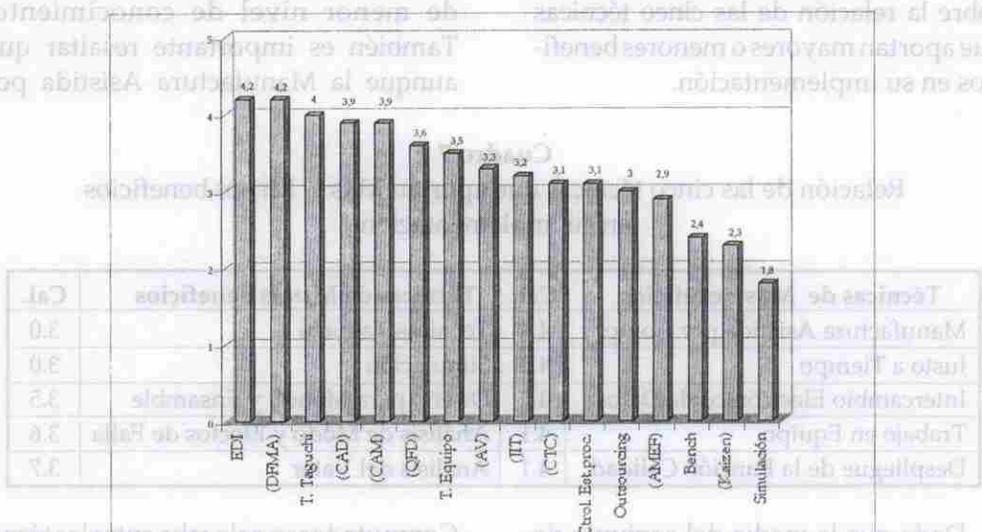


Figura 6. Histograma de la calificación ponderada a nivel de implantación de las técnicas y tecnologías

### Cuadro 8

Relación de las cinco técnicas implantadas en MAYOR o MENOR grado

Técnicas con MAYOR grado de implantación	Cal.	Técnicas con MENOR grado de implantación	Cal.
Intercambio Electrónico de Datos	4.2	Simulación	1.8
Diseño para Manufactura y Ens.	4.2	Kaizen	2.3
Técnicas Taguchi	4.0	<i>Benchmarking</i>	2.4
Diseño Asistido por Computador	3.9	Análisis de Modo y Efectos de Falla	2.9
Manufactura Asistida por Comp.	3.9	<i>Outsourcing</i>	3.0

Según este cuadro, las técnicas que tienen un mayor nivel de implantación en las empresas que las aplican son: el Intercambio Electrónico de Datos, el Diseño para Manufactura y Ensamble y las Técnicas Taguchi, entre otras. Aunque aparentemente estos resultados parecen contradecirse con algunos de las tablas anteriores, cabe recordar que sólo aplican para aquellas empresas que utilizan las técnicas, lo cual indica, por ejemplo, que aunque son pocas las empresas que emplean el EDI, lo hacen en un grado muy alto, por lo cual arrojan estos resultados.

Las técnicas con un menor nivel de implementación son Simulación y Kaizen. En el análisis se observa que ambas han presentado baja calificación en su intensidad de utilización y alto grado de dificultad en su aplicación.

Al revisar los resultados del Control Total de Calidad, del Control Estadístico de Procesos y del Trabajo en Equipo, que figuran entre las técnicas más usadas y conocidas, se aprecia que las em-

presas las ubicaron en su mayoría como grado «alto» y «medio» de implantación, lo cual justifica la posición ocupada en esta variable.

Las figuras 7 y 8 muestran una visión general de las calificaciones ponderadas de las variables para las tecnologías duras y blandas, respectivamente. Estas figuras resumen el análisis detallado anteriormente presentado.

#### 4.7. OTRAS CONSIDERACIONES

Aunque el tema central de la investigación giraba alrededor del Nivel de conocimiento, Importancia atribuida por la empresa, Grado de utilización, Barreras de aplicación, Beneficios de aplicación, Nivel de implantación de las técnicas, es importante comentar los resultados acerca de otros aspectos que se analizaron en el estudio y contribuyeron al diagnóstico de la situación actual del sector manufacturero con respecto a las técnicas de apoyo a la Ingeniería Simultánea.

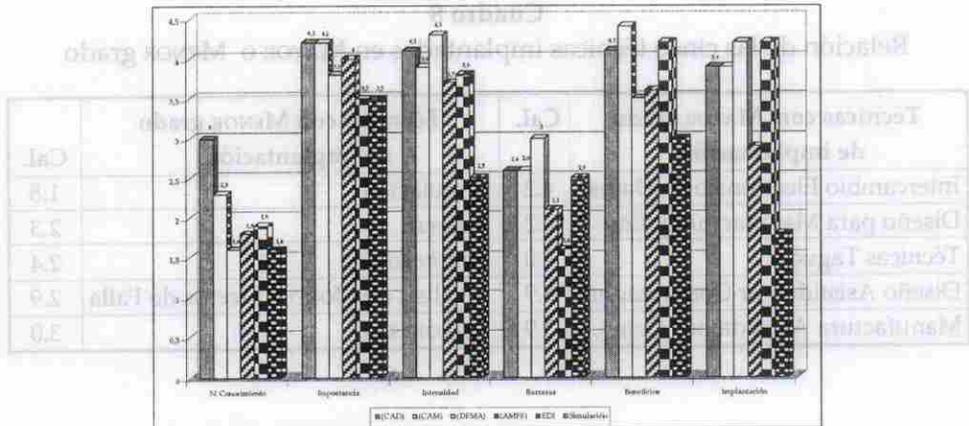


Figura 7. Resumen general de las calificaciones ponderadas para las tecnologías duras

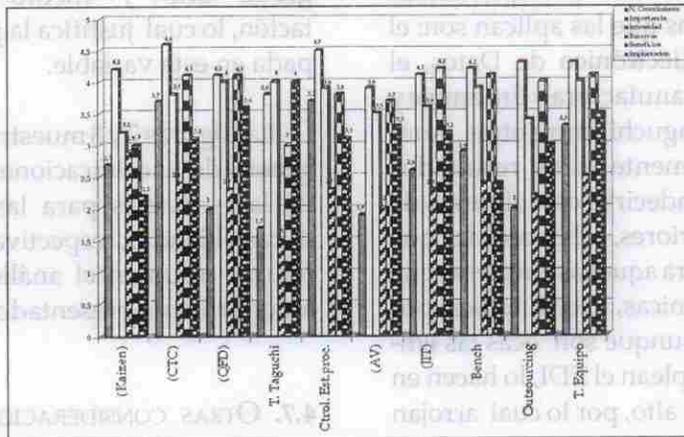


Figura 8. Resumen general para las calificaciones ponderadas para las tecnologías blandas

### Estructura Organizacional y Comunicaciones

Los resultados determinaron que la mayoría de las empresas estudiadas (76%) poseen una estructura jerárquica, y la estructura matricial está contemplada en el 18% y un 6% como unidad de negocios. Esto indica que aún se conserva el paradigma de la estructura vertical, que propicia inadecuadas y

complicadas rutas por las que circula la información, lo cual afecta la toma rápida de decisiones.

Esto sugiere que las empresas del estudio requieren una transición a estructuras más planas que faciliten la comunicación y la toma de decisiones, factor importante para aplicar Ingeniería Simultánea.

## **Establecimiento de Equipos multidisciplinarios**

Un alto porcentaje de empresas (79%) afirmó que establecía formalmente equipos de trabajo multidisciplinarios, lo cual indica que hay gran interés por parte de la administración para fomentar el trabajo con personal de diferentes áreas, a fin de involucrarlas en la búsqueda de soluciones óptimas a los problemas. A pesar de que este porcentaje es alto, la realidad actual, no sólo en el sector manufacturero, evidencia que las empresas tienen problemas para alcanzar la competitividad que se requiere, en parte por la falta de cultura de trabajo interfuncional. Si en verdad se están conformando los equipos de trabajo multidisciplinarios, se puede suponer que éstos no tienen la eficacia esperada, ya sea por falta de conocimiento de las metodologías de trabajo para este esquema o porque en muchos casos no se tiene claridad de lo que implica el concepto de trabajo en equipos multidisciplinarios.

De todas maneras, éste es un punto positivo, ya que esta alta calificación, demuestra que en las empresas se tiene interés de aplicar trabajo en equipos multidisciplinarios y crear un ambiente propicio para eliminar las barreras entre los departamentos, lo que favorece la aplicación de la Ingeniería Simultánea. Se considera esto como otra oportunidad para ofrecer capacitación en manejo de equipos y metodologías de trabajo en esta área.

## **Áreas de la empresa encargadas de la implantación de las técnicas**

En la mayoría de los casos, esta responsabilidad recayó sobre los departamentos de producción; se nota una pobre integración y compromiso interfuncional para lograr un aprovechamiento por parte de todos los departamentos de la organización. Las tecnologías con mayor número de departamentos participantes en su implementación fueron el «Trabajo en Equipo» y «el Control Total de Calidad». Este resultado es lógico, pues dichas tecnologías requieren para su correcta utilización una alta participación de todos los miembros de la empresa.

En este ítem también se percibe el bajo compromiso de la gerencia por la función de I+D, ya que son pocas las empresas que poseen este departamento. La función de «diseño» tiene una mínima participación en la implementación de las tecnologías. Otro dato importante es la baja participación del «Departamento de Mercadeo» en la aplicación de las técnicas, que en el caso de la Ingeniería Simultánea es fundamental, dado que es este departamento el que tiene la información directa del cliente. Es claro que falta integración entre las diferentes áreas funcionales y cultura para trabajar multidisciplinariamente, puntos claves en la aplicación de la Ingeniería Simultánea.

## Etapas del desarrollo del producto en las que se utiliza las técnicas

La mayoría de las empresas que participaron en la investigación señalan a la «manufactura» como la etapa del desarrollo de productos en la cual se aplican con mayor frecuencia las técnicas y tecnologías relacionadas con la Ingeniería Simultánea. Esta situación se contrapone a la filosofía de la Ingeniería Simultánea, pues ésta se apoya en las técnicas para que a través de su utilización se puedan integrar y analizar las diversas etapas del Ciclo de Vida del Producto en forma simultánea y no secuencial.

## Factores claves con relación al cliente

Dada la importancia de conocer la relación de las empresas participantes con sus clientes y considerando a éste un factor decisivo en la aplicación de la Ingeniería Simultánea, se incluyó en el estudio la evaluación de las empresas a factores tales como: Tiempo de entrega, servicio postventa, calidad, confianza, comunicación, garantías.

En este sentido, se pudo determinar que la relación de la empresa con sus clientes es buena. Las calificaciones que se utilizaron fueron: «excelente», «buena», «regular», «mala» y «pésima».

El factor «confianza» presentó un 71% de calificación «buena», el más alto comparado con los otros factores, cuyo comportamiento fluctuó entre un 50%, obtenido por «comunicación», y un 62%

del «servicio postventa». El factor «calidad» alcanzó la calificación «excelente» más alta, con un 44%.

Estos resultados son destacables, ya que una buena relación con los clientes es clave para la implementación de Ingeniería Simultánea, donde el cliente debe involucrarse en el desarrollo del producto, especialmente en la etapa de diseño.

## CONCLUSIONES

Estas son algunas de las conclusiones de la investigación sobre el diagnóstico de las empresas del sector manufacturero que participaron en el estudio con relación a las técnicas y tecnologías que apoyan a la Ingeniería Simultánea.

Los resultados de la investigación muestran que el 68% de las empresas NO conocen la Ingeniería Simultánea. Esto lleva a concluir que el sector manufacturero de Barranquilla tiene un pobre conocimiento de esta filosofía. Teniendo en cuenta que en el estudio participaron las empresas que se consideraron con mayor perfil tecnológico, es acertada la anterior aseveración. Sin embargo, esto no quiere decir que dentro de las empresas encuestadas no haya habido un acercamiento al trabajo simultáneo, ya que en algunas de ellas se perciben características propias de la Ingeniería Simultánea. Esto supone que hay, en algunos casos, «terreno abonado» para el conocimiento y posterior implementación de la Ingeniería Simultánea.

Se determinó que las tecnologías blandas son las más conocidas por las empresas estudiadas; esto se debe a que estas tecnologías son las más difundidas en el medio. La falta de conocimiento de tecnologías duras se puede explicar por la ausencia de medios eficaces y suficientes para su difusión, así como insuficiente interrelación entre las universidades, como fuentes de conocimiento, y las empresas. Además, puede influir la carencia de centros tecnológicos especializados que se conviertan en importantes difusores de conocimiento tecnológico. Este punto debe asumirse como una oportunidad de capacitación en las técnicas y tecnologías de poco conocimiento.

La importancia que las empresas les atribuyen a las técnicas es relativamente alta, aunque en algunos casos no se haga uso de ellas, lo que sugiere una clara conciencia sobre los beneficios que pueden aportar en caso de ser aplicadas. El Control Total de Calidad, el Control Estadístico de Procesos y el Trabajo en Equipo fueron consideradas como las técnicas más importantes; entre las menos importantes figuran las Técnicas Taguchi, la Simulación y el EDI. Se percibe que la importancia que les dan las empresas a las técnicas tiene relación con el nivel de conocimiento, ya que, con poca variación, las más conocidas se evaluaron como las más importantes.

Se destacan como las tecnologías más usadas por las empresas el Control Total de Calidad, Trabajo en Equipo y el *Outsourcing*, que son consideradas blandas

y coinciden con las más conocidas. Las tecnologías duras son las menos usadas, especialmente las Técnicas Taguchi, la Simulación y el EDI. Realmente, en este resultado influyó el poco conocimiento que se tiene de ellas, aun en el caso que las empresas reconozcan su importancia y sus beneficios. Sobre el uso de las tecnologías duras, se resalta que aun cuando son pocas las empresas que las emplean, éstas califican el nivel de utilización como «alto» y «muy alto», lo cual las ubica en un puesto destacado en este aspecto.

Con respecto a las razones por las cuales estas empresas utilizan estas técnicas y/o tecnologías, las más frecuentes para su aplicación son: mejorar la calidad y reducir costos de fabricación, objetivos claros de la Ingeniería Simultánea, lo cual favorece el que se propicie un ambiente adecuado y una conciencia positiva, por parte de quienes lideran las empresas, sobre los beneficios y los objetivos que tiene esta filosofía.

En cuanto a las barreras que influyen en la aplicación de las tecnologías, se concluyó que los costos son la barrera más significativa por la cual aducen las empresas la poca utilización de las técnicas, especialmente las duras. Esto se entiende debido a la mentalidad generalizada de obtener beneficios inmediatos y tangibles de las inversiones que se hacen en tecnología. Sin embargo, aunque es deseable que se cuente con tecnología especial para la introducción de la Ingeniería Simultánea, no es

totalmente indispensable la inversión en tecnología dura, pues inicialmente ésta se puede implementar a través de proyectos pilotos que pueden ir ampliándose a medida que se va generando la difusión en la organización. Al principio, las aproximaciones a la Ingeniería Simultánea parten de una buena introducción por medio de excelente capacitación y un compromiso decidido por parte de la gerencia.

En términos generales, la mayoría de las empresas (70 al 90%) obtuvieron beneficios calificados desde «medio» a «total». Entre los logros más importantes están la reducción de costos de fabricación, especialmente en lo referente a tecnologías duras. Y en cuanto a las tecnologías blandas, los mayores beneficios se relacionan con el incremento de la calidad.

Es importante resaltar la oportunidad que se presenta en el sector manufacturero con respecto a capacitación en las técnicas y tecnologías que presentan niveles bajos de conocimiento de uso; especialmente las consideradas duras y de alguna manera relacionadas con costos altos y dificultad de aplicación. Igualmente en temas como trabajo en equipo y comunicaciones, que son claves en la aplicación de la Ingeniería Simultánea y que en la investigación presentaron algunas debilidades.

## Bibliografía

- AHMED, H.S. *Al Ashaab*. Morelos (Monterrey), Sociedad Mexicana de Ingeniería Concurrente, 1997.
- MOMPIN José. *Sistemas CAD/CAM/CAE. Diseño y Fabricación por Computador*. Marcombo, 1992.
- ARNEDO R., José M. *Fabricación Integrada por Computador (CIM)*. Marcombo, 1992.
- HARTLEY, John R. *Concurrent Engineering*. Reino Unido, 1990.
- GONZÁLEZ, Carlos. *Normas Internacionales de Administración de Calidad y Sistemas Ambientales*. McGraw-Hill.
- XAYNETO. *Mecánica Aplicada SL. Integración de Ensayo y Simulación en un entorno de Ingeniería Concurrente*. 1998.
- IMAI, Maasaki. *Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa*. México.
- CHASEY, Aquilano. *Dirección y Administración de la Producción y de las operaciones*. Irwin.
- MILES, Lawrence. *Análisis del Valor*. México, Deusto, 1970.
- SPENDOLINI, Michael J. *Benchmarking*. Bogotá, Norma, 1994.
- INTERNET. [Http://sedesur.uanarino.edu.co/](http://sedesur.uanarino.edu.co/)