

LAS FUNCIONES Y REDES EN UNA MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA (CIM)

Ing. Guillermo Tejada Muñoz
d270031@unmsm.edu.pe

*Profesor de la Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos,
Lima, Perú.*

Resumen: el presente artículo trata de los diversos aspectos técnicos que están involucrados en la filosofía de la integración de la manufactura a través del uso de computadoras, denominado tecnología CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Se analiza un modelo CIM desde el punto de vista de la integración de funciones de una empresa, así como también otro modelo desde el punto de vista de integración de los diferentes tipos de redes de computadoras que posee una industria. También, se analiza las ventajas e inconvenientes en su implementación. Finalmente se trata sobre los avances de CIM en el mundo y las tendencias de CIM en el Perú.

Abstract: This paper discusses the technical aspects that are involved in the philosophy of the integration of the factory through the use of computers, technology called CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). A CIM model is analyzed from the point of view of the integration of functions of a company, as well as another model is analyzed from the point of view of integration of the different types of networks that has an industry. Also, it is analyzed the advantages and obstacles in its implementation. Finally it discusses about the advances of CIM in the world and the tendencies of CIM in Peru.

Palabras claves: CIM, Redes Industriales, Protocolos Industriales

I. INTRODUCCIÓN

La creciente automatización de los procesos en la industria ha sido vertiginosa, las redes de computadoras y sistemas "inteligentes" aplicadas en sus diferentes áreas han creado las llamadas "islas automatizadas", es decir, varias partes automatizadas controladas por equipos basados en microprocesador (uP), pero completamente incomunicadas entre sí.

La tendencia actual, es enlazar estas islas a través de sistemas de comunicación que permitan el flujo de información entre ellas y que sean lo suficientemente abiertos para poder enlazar los autómatas programables, controles numéricos, estaciones robotizadas, etc., con otros microprocesadores o *host* y a través de ellos poder acceder incluso a redes de comunicación de mayor complejidad. [Balcells y Romeral, 1998]

La filosofía de integrar todos los sectores o islas automatizadas de la fábrica, es decir, desde el nivel de planta hasta el nivel de gestión, con el objetivo de contribuir al aumento de la productividad, es lo que se denominó Manufactura (Industria) Integrada por Computadora (*Computer Integrated Manufacturing - CIM*). Pero, a pesar de que teóricamente la inserción de la filosofía CIM presenta grandes beneficios para las empresas, el hecho es que muchas han fallado en su implementación, debido a que la integración de la automatización fabril, como todo problema de naturaleza técnica, es un proceso complejo, permanente y lento. Esto requiere un soporte idóneo en todas las áreas en él involucradas. [Barroca,1998]

II. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES

El primer estándar Industrial basado en el modelo de referencia de la ISO-OSI (*International Standard Organisation/Open System Interconnect*) largamente aceptado para redes de automatización y control fue el *Manufacturing Automation Protocol* (MAP) que durante su desarrollo ha evolucionado en tres diferentes arquitecturas: MAP, MAP-EPA y MINI-MAP. El primero, el MAP, especifica las siete capas de la OSI con aplicaciones de transmisión de señales de vídeo, audio y datos; pero, al ser el MAP un protocolo con muchas especificaciones, resulta lento para propósitos de control.

El segundo, llamado MAP-EPA (*Enhanced Performance Architecture*) sacrifica algunas de las capas de la ISO-OSI, posibilitando mejores tiempos de respuesta. Sin embargo, resulta todavía en un protocolo de gran complejidad y de alto costo.

El tercero, llamado MINI-MAP, especifica sólo las características de alto desempeño, incrementando la rapidez de respuesta, pero no es compatible con el MAP, requiriendo de una estación MAP-EPA o algún sistema abierto como *gateways* (restándole desempeño por la traducción bidireccional de los protocolos) para ser conectado al *backbone* MAP. La arquitectura MINI-MAP es utilizada sólo para hacer la conexión de dispositivos simples, como sensores y actuadores, con un controlador. [Silva,1996]

El MAP es un protocolo pensado para redes de tipo WAN mientras que el MINIMAP está pensado para redes de tipo LAN. Los servicios de aplicación del MAP para entorno industrial tienen muchas características en común con las de otras aplicaciones en redes locales del campo de la ofimática, en concreto con las definidas en las recomendaciones TOP (*Technical Office Protocols*). Tanto es así que actualmente se consideran un estándar común denominado MAP/TOP. [Balcells y Romeral, 1998]

Otro protocolo industrial existente es el *Fieldbus*, que ha diferencia del MINIMAP ha sido diseñado para aplicaciones en la planta de la fábrica. Este protocolo está especificado para posibilitar una directa integración con el protocolo MAP. El protocolo *Fieldbus* es utilizado para los llamados instrumentos "inteligentes", quienes tienen la virtud, a causa de su funcionalidad, de unir los niveles de instrumentación y el de control de la jerarquía de la automatización de la fábrica en un solo nivel. Existen tres importantes especificaciones del protocolo, las cuales son: el protocolo IEC/ISA SP50, el FIP y el PROFIBUS, que están diseñados sobre la base de tres o cuatro capas de las siete que especifica el modelo de la ISO/OSI. [Tejada,1998]

III. MODELO CIM DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS FUNCIONES DE LA EMPRESA

Un modelo CIM tiene como propuesta la integración de funciones de una empresa, desde las macro funciones como finanzas, producción, etc. hasta las actividades concretas de emisión de órdenes, colección de datos operacionales etc.

Al final de la década de 70, los fabricantes de hardware como la IBM, DEC, entre otros, construían sus propios modelos para los sistemas CIM. A pesar que estos modelos buscaron integraciones amplias, durante la década del 80, el modelo CIM perdió fuerza. La falta de normas, la dificultad de integración de los diferentes programas

de software, los altos costos de los sistemas y el creciente éxito de la industria japonesa entre otros, hicieron con que el sistema CIM fuese relegado a un segundo plano.

Sin embargo, al final de la década del 80 y el inicio del 90, algunas empresas asociadas, como por ejemplo, NUMMI con GM, Rover con Honda, etc., iniciaron nuevos desarrollos de la integración de la información en la automatización de los procesos de producción.

EL modelo "Y" presentado en la figura 1, es un modelo de CIM que representa la integración de actividades de las áreas de ingeniería del producto, ingeniería del proceso (o industrial), plan del proceso, producción, mercadeo y ventas.

En el lado izquierdo del modelo están enlazadas las actividades de plan y control de la producción, mientras del lado derecho están las actividades técnicas de ingeniería y producción. En la parte superior se tiene el nivel de plan, mientras en la parte inferior aparecen las actividades de implementación de los programas de producción. En el centro del "Y" un banco de datos alimenta el flujo de información del sistema con listas de materiales, flujogramas de producción, datos sobre los equipamientos, niveles de *stock*, etc. [Tarcisio Knorst, 1998]

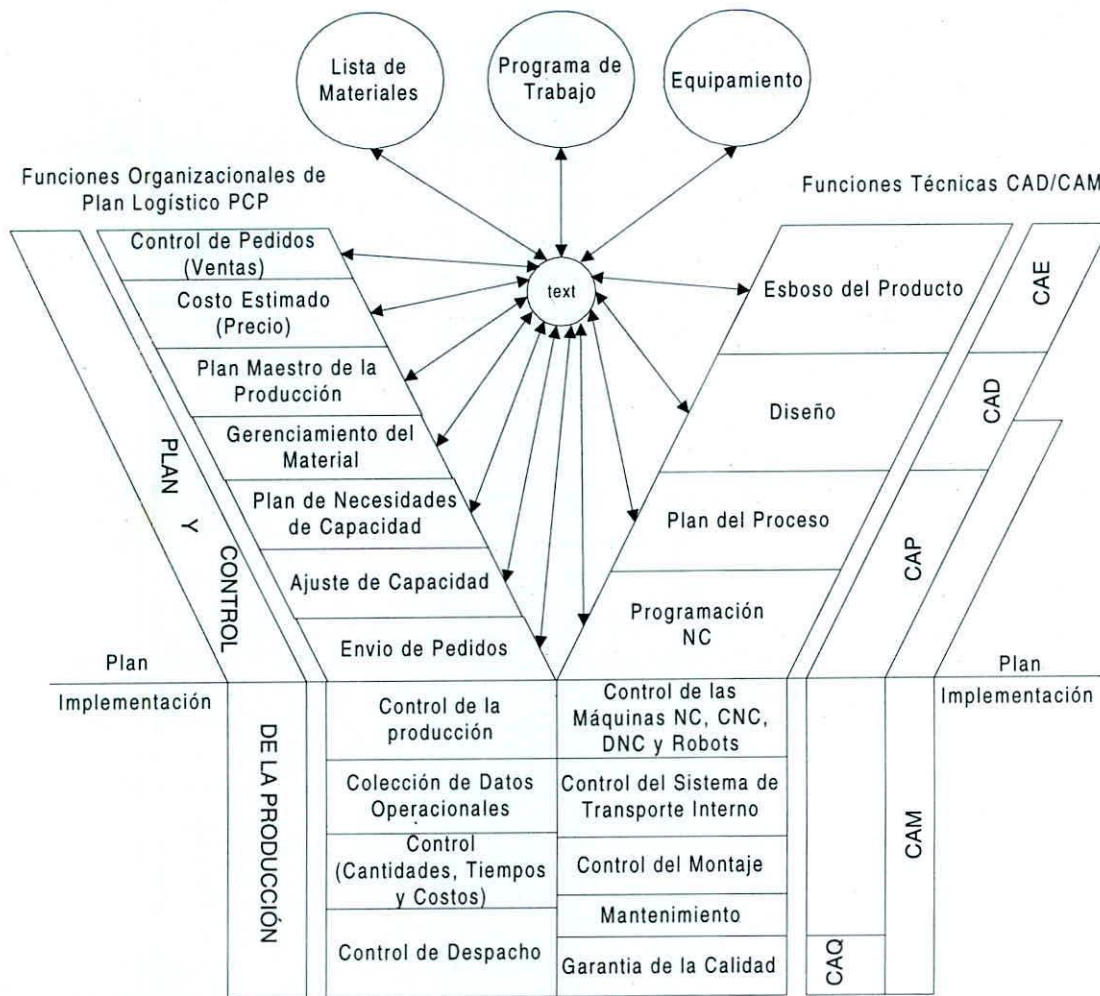


Figura 1 – Modelo Y del sistema CIM

El sistema CIM, de acuerdo a la figura 1, involucra el uso de una serie de herramientas de software que auxilian las actividades de plan e implementación del sistema de producción. Algunas de estas herramientas son:

- Ingeniería Auxiliada por Computadora - CAE.
- Diseño Auxiliado por Computadora - CAD.
- Plan del Proceso Auxiliado por Computadora - CAPP.
- Fabricación Auxiliada por Computadora - CAM.

3.1 Ingeniería Auxiliada por Computadora - CAE.

Como su propio nombre lo indica, consiste en emplear un sistema computacional para desarrollar y auxiliar las especificaciones de productos, piezas componentes y procesos de fabricación.

3.2 Diseño auxiliado por Computadora - CAD.

Es un sistema computacional empleado para la elaboración de dibujos, lista de materiales y otros conjuntos de instrucciones, como una base de datos gráfica de piezas, dibujos, simulación gráfica iterativa, almacenamiento y acceso a documentos, edición de documentos técnicos, etc.

3.3 Plan del Proceso Auxiliado por Computadora - CAPP.

Este sistema computacional está encargado de generar el flujo productivo de las piezas y componentes a través del sistema de producción, conocidos como el itinerario de producción. Normalmente, las piezas son catalogadas en familias, agrupadas por sus características similares de fabricación, permitiendo el desarrollo de planos padrones de proceso para cada familia.

3.4 Fabricación Auxiliada por Computadora - CAM.

Desarrolla las actividades de generación, transmisión y control de ejecución de los programas de control numérico aplicados a las máquinas-herramientas y *robots*, sistemas de manipulación de materiales, inspección y prueba de la producción. En la realidad, el CAM engloba una serie de actividades que, de cierta forma, pueden ser clasificadas como:

- CAP - Producción auxiliada por computadora
- CAT - Prueba auxiliada por computadora
- CAQ - Calidad auxiliada por computadora.

Cabe resaltar que uno de los grandes problemas de implementación de los sistemas CIM, consiste en la falta de normalización entre los fabricantes de los sistemas computacionales, dificultando la interacción entre ellos. Lógicamente, la propuesta de los sistemas CIM, en el nivel de ingeniería y fabricación, consiste en que la información contenida en los proyectos del CAE sean entendidas por el CAD, el cual debe pasar rápidamente los dibujos para el CAPP y este a su vez comunicar sus planos al sistema CAM, para ser ejecutados. Además de esto, del otro lado, el plan y control de la producción deben estar integrados a estos datos [Tarciso Knorst, 1998].

IV. MODELO CIM DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS REDES DE COMPUTADORAS

La automatización de la industria ha tenido un proceso de implementación gradual y por partes, aprovechando en cada momento los últimos desarrollos que ofrecían las nuevas tecnologías, sobre todo los circuitos integrados digitales LSI. Esto ha dado lugar, como ya se ha dicho, a la existencia de "islas automatizadas", consistentes en una serie de equipos (PLCs, Variadores de Velocidad, Controladores Numéricos, Computadoras de Diseño y

Gestión, etc.) aislados entre sí y dedicados cada uno al control de una máquina o de un sector cerrado del proceso.

La integración de las mencionadas “islas de automatización” suele hacerse, como ya se ha dicho, dividiendo las tareas entre “grupos” de procesadores jerárquicamente anidados. [Balcells y Romeral, 1998]

El conjunto total de las funciones a ser implementadas por un sistema de control distribuido tiene diferentes exigencias en el ámbito de rapidez de acción y de importancia estratégica de esa misma acción. Así, las acciones a implementar surgen agrupadas en varios niveles jerárquicos, teniendo cada uno sus propias características fundamentales y temporales bien diferenciadas a cada nivel. La figura 2 representa el modelo de esta arquitectura. [Barroca, 1998]

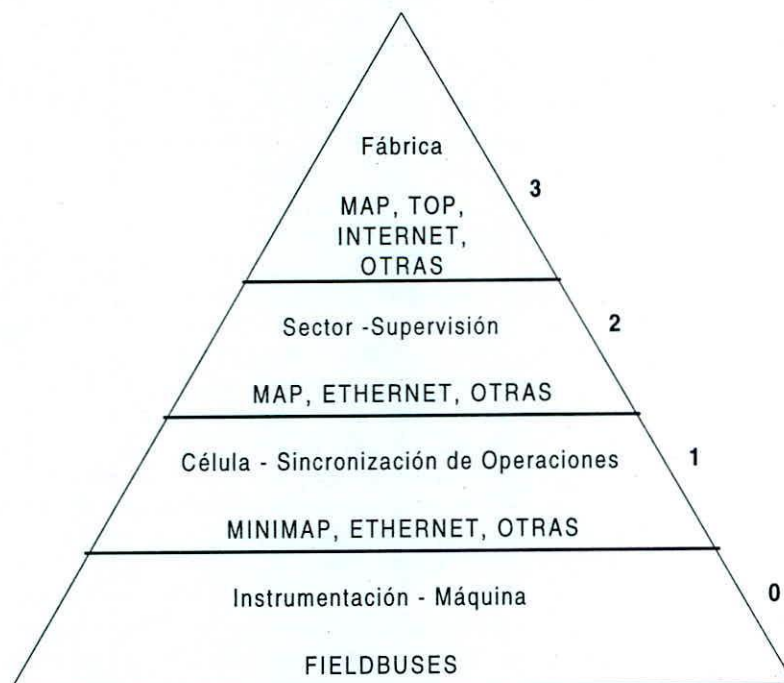


Figura 2 – CIM y protocolos de redes que agrupa

4.1 Nivel de Instrumentación

Es el nivel más bajo, son efectuadas las operaciones elementales de reacciones a los estímulos del proceso, también designas por acciones de control en tiempo real [Barroca, 1998]. Aquí se encuentran pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, equipos de medida, etc.) formando las llamadas “islas”, que controlan distintas áreas de un proceso. [Balcells y Romeral, 1998]

En este nivel el funcionamiento es periódico, con constantes de tiempo fijas del orden de los 0.1 ms a 20 ms. Los mensajes son cortos (generalmente de 1 *byte*) y en un número muy elevado. Para efectuar la comunicación entre los varios componentes, en este nivel, se utiliza las redes deterministas designadas por *fieldbuses* tales como la FIP, Profibus, Bitbus, etc. [Barroca, 1998]

En este nivel se está todavía lejos de tener un estándar universalmente aceptado, esto es debido quizás a la mayor diversidad de equipos que se deben enlazar y, por lo tanto, al mayor número de fabricantes implicados, que

presentan cada uno una solución propietaria para la integración de sus productos. En la mayor parte de dichas redes, lo único que se adapta a ciertas normas es el nivel físico y algunas técnicas mas o menos estándar de control de acceso al medio, pero por lo demás suelen ser incompatibles entre sí. [Balcells y Romeral, 1998]

4.2 Nivel de Célula

Está constituido por un conjunto de maquinarias destinadas a efectuar el sincronismo entre las operaciones elementales del nivel inferior. Estas efectúan todavía su supervisión, en lo correspondiente a la detección de anomalías y su repercusión, enviando mensajes sobre el estado del funcionamiento al nivel inmediatamente superior [Barroca, 1998]. Se suelen encontrar uno o varios PLC (Controladores Lógicos Programables), que pueden actuar como maestro de la red o en estructuras de maestro flotante. El conjunto constituye lo que se suele llamar una "célula de fabricación". [Balcells y Romeral, 1998]

Las funciones de control a implementar, a este nivel son designadas como funciones de tiempo crítico, involucrando constantes de tiempo del orden de 20 ms a 100ms no periódicas y los datos que fluyen de y para este nivel son constituidos por mensajes con tamaño típico de algunos bytes. La comunicación entre maquinas de este nivel es efectuada utilizando redes no deterministas como el Mini-MAP, Ethernet y otras. [Barroca, 1998]

4.3 Nivel del Sector o Nivel de Supervisión

En este nivel son efectuadas las operaciones de conducción y control del proceso por sectores, se sincroniza y escalona las operaciones, así como se flexibiliza la producción ante las ordenes provenientes del nivel superior y de las restricciones e información provenientes del nivel inferior [Barroca, 1998]. Este nivel se encarga normalmente de enlazar las distintas "células de fabricación" en grupos más grandes. [Balcells y Romeral, 1998]

En este nivel se suelen encontrar PLCs y las computadoras del proceso están dedicadas a las tareas de diseño [Balcells y Romeral, 1998]. Es también función de este nivel supervisar continuamente los índices de calidad de la producción, efectuar análisis de tendencias en la variación de todos los parámetros críticos y enviar ordenes de corrección al nivel inferior, en el sentido de la conducción del proceso con el menor desvío posible de los parámetros ideales.

Las funciones de control a implementar, a este nivel son conocidas como funciones de tiempo limitado, involucrando constantes de tiempo del orden de 100 ms a algunos segundos. No son periódicas y los datos que fluyen de y para este nivel son constituidos por mensajes con algunos Kbytes (transporte de programas de producción en las maquinas del nivel inferior) y mensajes cortos con valores de variables críticas. Las redes de comunicación utilizadas a este nivel son el MAP, TOP, Ethernet y otras. [Barroca, 1998]

En cuanto a los estándares existe una mayor uniformidad, puesto que han sido implementados en muchos casos por los gigantes del mundo de la informática. A este nivel se suele trabajar ya con CPU más potente e incluso se suele dedicar una CPU a la tarea específica de las comunicaciones. Los fabricantes de PLCs y periféricos han optado en la mayor parte de los casos por construir adaptadores de conexión, código y protocolo (denominados generalmente *Gateway*) que permiten unir su red de campo particular con redes de alto nivel como MAP u otras [Balcells y Romeral, 1998].

4.4 Nivel de Fabrica o de Supervisión Global

Es un nivel que interactúa con los operadores humanos, con el exterior y con el nivel inmediatamente inferior. Aquí están integradas todas las acciones de control estratégico y es efectuada la supervisión global del sistema [Barroca, 1998] Las máquinas que forman parte de este nivel suelen ser minicomputadoras compartiendo recursos e importando bases de datos que permiten centralizar los servicios de compras, control de *stock*, ventas, control de costos, etc. [Balcells y Romeral, 1998].

Las acciones de control a este nivel son designadas por no críticas o independientes del tiempo, involucrando constantes de tiempo desde segundos hasta algunos minutos, como por ejemplo, la acción de informar al operador de determinado tipo de ocurrencia o la de generar informes de la producción. Los mensajes que fluyen para este nivel son extensos (del orden de los *Mbytes*).

Las redes de comunicación utilizadas en este nivel son: Redes MAP, TOP y Ethernet. A partir de este nivel se efectúa la comunicación bidireccional con el exterior utilizando las redes públicas de transmisión de datos con protocolos como el X.25 o la más reciente como Internet [Barroca, 1998].

En este nivel no se puede hablar de ningún estándar propiamente exclusivo para uso industrial, sino que se hace uso de redes generalmente públicas de propósito general, capaces de transmitir datos, imágenes, voz, etc. [Balcells y Romeral, 1998].

V. VENTAJAS DEL MODELO CIM

Las ventajas de enlazar todos los sistemas automatizados, son esencialmente las siguientes:

- Posibilidad de intercambio de información entre dispositivos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso global.
- Facilidad de comunicación hombre-maquina basándose en terminales inteligentes que permiten programar u observar el proceso en términos de lenguaje muy próximo al humano. El sistema admite la observación y la intervención del operador humano en forma interactiva a través de un terminal de teclado y de una pantalla que sustituye al ya obsoleto sinóptico.
- Adquisición de datos de sensores y procesamiento de los mismos con vistas a control de calidad, gestión, estadística u otros propósitos.
- Facilidad de cambios para adaptarse a la evolución y diversificación de los productos. Como ejemplo típico basta pensar en la industria del automóvil, sometida a una continua evolución de modelos y variantes. La facilidad de cambios permite la creación de las denominadas "células flexibles".
- Posibilidad de usar lenguajes de alto nivel, que permitan tratar bajo un mismo entorno todas y cada una de las islas automatizadas, desde la fase de diseño (CAD/CAE) hasta la fase de explotación (CAM). [Balcells y Romeral, 1998]

La clave para llegar a obtener todas estas ventajas consiste en crear un sistema de comunicación potente y flexible que a su vez permita integrar en él a productos de cualquier fabricante.

VI. INCONVENIENTES PARA LOGRAR EL CIM

Naturalmente llevar a la práctica un sistema de comunicación integrado, como el descrito anteriormente, entraña también algunas dificultades que resumimos a continuación:

- La comunicación supone una mayor complejidad técnica. Esta Complejidad puede y debe pasar desapercibida al usuario, cuyo interés no se centra en los aspectos tecnológicos sino en los de la aplicación. Por ello requerirá potenciar enormemente el *software* de soporte al usuario, para que pueda dialogar con el sistema sin ser un experto en comunicaciones.

- Resulta difícil unificar un sistema que integre productos muy diversos de varios fabricantes, con distintas funciones, lenguajes y servicios. La solución de esta dificultad sólo la puede dar una norma aceptada por todos. Tal aceptación general no existe. Hay varias adaptadas a distintos campos y niveles de complejidad cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes. Además, debemos ser conscientes de que la existencia de tales normas no solucionará de inmediato los problemas de las islas automatizadas ya existentes. Nos vemos obligados pues, en un futuro próximo a convivir con sistemas con distintos lenguajes y protocolos y como solución sólo se puede proponer las interfaces denominadas habitualmente *gateway*. [Balcells y Romeral, 1998]
- Algunos fracasos en la implementación del CIM han sido atribuidos al inadecuado plan y al insuficiente desarrollo por parte de los elementos de gestión. Es necesario que los gerentes tengan un conocimiento profundo sobre la filosofía CIM, y sobretodo que conozcan las grandes modificaciones, en todo los niveles que ésta implica. Sólo de este modo se podrá motivar al personal restante involucrado y se dará la asimilación de la nueva "Cultura Industrial". Se debe decidir si el costo de la implementación es compensado por los beneficios obtenidos en cuanto a: calidad del producto, tiempo de respuesta, eficiencia del equipo, flexibilidad, control de la producción, rapidez de entrega, etc.
- Los problemas de carácter técnico son numerosos en una tecnología tan compleja como el CIM, debido que desde inicio de la automatización se han creado sub-áreas fabriles de varios fabricantes de subsistemas tales como: CAD/CAE para el diseño e ingeniería del producto, CAM para su fabricación, MRP y JIT para el plan y control de producción y otros, los cuales presentan grandes problemas si desean intercambiar información entre ellos. Para ser debidamente integrados, todos estos subsistemas necesitarían utilizar soportes de información, es decir, base de datos comunes.
- El exceso de confianza en los aspectos tecnológicos puede representar el mayor obstáculo a la eficiente implementación. Existen en la literatura muchos ejemplos de proyectos fracasados, por ser menospreciada la importancia de los recursos humanos en ellos involucrados. Debido a que estos sistemas son generalmente muy complejos, ellos no funcionan sin profesionales bien preparados (con formación y educación empresarial adecuada) y sobre todo motivados. Las personas que hasta entonces trabajaban en islas y departamentos aislados hoy necesitarían estar preparados para trabajar en un ambiente nuevo y completamente interdependiente. La palabra de orden en lugar de competición pasa a ser de cooperación. [Barroca, 1998]

VII. CIM EN EL MUNDO

Los Estados Unidos y Europa están delante de Japón en desarrollo de software en aplicaciones en CIM. Así por ejemplo, el paquete americano de software CADAM es excepcionalmente útil para transferir datos de CAD dentro de programas de control numérico, y la reciente integración de CADAM con el software francés CATIA proporciona un sistema potente en ambos diseños para transferir datos CAD a los equipos de producción de planta.

Un gran número de competidores proporcionan software a medida para varios tamaños de la industria y para una gran variedad de plataformas. Esto posibilita a las compañías más pequeñas permitirse el lujo de tener alguna capacidad de CAD/CAM. Las grandes compañías líderes del Japón tienden a usar *software* propietario, mientras que las compañías más pequeñas compran software CAD y aplicaciones en CIM del extranjero.

Hay un movimiento mundial para tratar de estandarizar los datos intercambiados entre las computadoras, en donde residen los paquetes de softwares CAD/CAE/CAM. La norma internacional emergente se llama *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) y casi todos los fabricantes lo reconocen como el futuro protocolo para la transferencia de datos en la industria. Debido a su probable impacto en la industria mundial, Japón y Europa están contribuyendo activamente en la formación y estructura del STEP.

Con respecto al *Hardware* en el ámbito de la planta industrial en Japón, el 50 por ciento de las industrias usan Controles Numéricos por Computadora (CNCs) y Células Flexibles. En USA sólo el 20 por ciento de las industrias de pequeño a mediano tamaño usan tecnología de CNC. Los CNC son parte importante dentro de la implementación de CIM y apoyan el desarrollo de los niveles más altos donde se encuentran los sistemas de CAD/CAM. ARPA y NIST están desarrollando la próxima generación de controladores que pueden ser usadas en aplicaciones futuras de CIM. Similar esfuerzo están realizando los programas europeos de ESPRIT.

En cuanto a los sistemas relacionados al gerenciamiento del flujo de la producción, los cuales se encargan de planear y ejecutar la producción controlando los inventarios, así como la compra automática de materiales de tal manera de no detener la producción, se tienen los sistemas como el *Material Requirements Planning* (MRP) y *Manufacturing Resource Planning* (MRP II). En este tipo de aplicaciones tanto Japón como Europa están retrasados con respecto a los Estados Unidos. Para este tipo de aplicaciones las fabricas japonesas, a diferencia de las europeas y norteamericanas, dependen más de técnicas de producción como *Just-in-Time*. [*The Engineering zone, 2001*]

VIII. TENDENCIAS DEL CIM EN EL PERÚ

Un estudio realizado en el Perú a comienzos de la década de los ochenta sobre el uso de maquinas-herramienta de control numérico, indicaba la existencia de menos de veinte de estas máquinas entre las 25 empresas más importantes del sector metal mecánico e instituciones militares. Actualmente, en el sector de industrias metálicas y maquinarias se verifica una mayor difusión de esta tecnología, sobretudo en el sector exportador, observándose adicionalmente una difusión importante de tecnologías avanzadas al nivel de software, pero aun resta mucho por hacer en términos de introducción de aquellas tecnologías que son claves para lograr la integración, tales como robots, CAM, AGV, LAS/RS y FMS. En este sentido, la Tabla 1 muestra la intensidad actual de utilización de tecnologías avanzadas en el ámbito de *hardware* y *software* en el sector de industrias metálicas y maquinarias. Estos resultados fueron extraídos de una muestra representativa de 19 empresas de un total de 183 empresas del sector en mención incluidas entre las 5,400 empresas peruanas más importantes del año 1997 por ingresos. [Domingo, 2000]

Cabe destacar que los niveles de utilización de tecnologías avanzadas de manufactura, tal como se muestra en la Tabla 1, están fuertemente relacionados a la exportación. Así, de una forma general las empresas exportadoras son mayores usuarias de tecnologías avanzadas al nivel de hardware y de software que las empresas no exportadoras y, también, presentan mayores niveles de integración. Dado que el tamaño del mercado local es relativamente pequeño, estos resultados indican que el tamaño del mercado es una variable importante en la incidencia de la automatización e integración. [Domingo, 2000]

Tabla 1. Intensidad de utilización de tecnologías avanzadas en el ámbito de *hardware* y *software*.

	Empresas Exportadoras		Empresas no Exportadoras		Total Empresas	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Número de Empresas	9	45.0	11	55.0	19	100.0
Numero Total de Máquinas- herramienta convencionales	444	95.5	385	100.0	829	97.5
Número Total de CNC	15	3.2			15	1.8
Número Total de NC	6	1.3			6	0.7
Numero Total de Máquinas- herramienta	465	100.0	385	100.0	850	100.0
Número Total de PLC	58				58	
Empresas Usuarias de Hardware						
NC y CNC	5	55.6			5	26.3
NC	2	22.2			2	10.5
CNC	4	44.4			4	21.1
PLC	6	66.7			6	31.6
Carga / Descarga	1	11.1			1	5.3
Otros medios de automatización	4	44.4			4	21.1
Empresas Usuarias de Software de Diseño, Ingeniería y Manufactura						
CAE	1	11.1	2	18.2	3	15.0
CAD	6	66.7	6	54.5	12	60.0
CAD 2D	5	55.6	3	27.3	8	40.0
CAD 3D	2	22.2	4	36.4	6	30.0
CAPP	2	22.2	1	9.1	3	15.0
CAD/CAM	0			0		
CAM	0			0		
Empresas Usuarias de Software de Planificación y Control de la Producción						
Lista de Materiales	7	77.8	4	36.4	11	55.0
Inventario de materiales y productos en proceso	6	66.7	6	54.5	12	60.0
Inventario de producto terminado	8	88.9	6	54.5	14	70.0
MRP	7	77.8	3	27.3	10	50.0
Planificación de Capacidad	6	66.7	1	9.1	7	35.0
Compras	7	77.8	4	36.4	11	55.0
Programa Maestro de Producción	7	77.8	2	18.2	9	45.0
Control de Producción	7	77.8	2	18.2	9	45.0
Pronóstico de Ventas	5	55.6			5	25.0
Programación de las operaciones	2	22.2	2	18.2	4	20.0

IX. CONCLUSIONES

Se espera haber cubierto los aspectos técnicos más resaltantes de la filosofía del modelo CIM, que dado la velocidad de avance de la tecnología de hardware y de software, su implementación total será, sin duda realidad dentro de poco tiempo. Es necesario prepararse para esta nueva cultura industrial en donde todos los profesionales de diversas áreas tendrán participación activa. CIM significa alcanzar mayor productividad, calidad y competitividad de los productos. La tendencia de las industrias es la de automatizar, de tal manera de integrar el flujo de datos entre los sectores CAD/CAM/CAE y desde aquí alcanzar los niveles de CIM. Para todo esto se requerirá tener especialistas entrenados en centros tecnológicos de CIM. Hay que recordar que CIM no

sólo significa automatizar la planta de la fabrica, como erróneamente se cree, si no es la de integrar todos los procesos de la fabrica, en donde la información fluya sin restricciones desde el nivel de Gestión hasta el nivel de Producción.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Balcells, J.; Romeral, J.L.. *Autómatas Programables*. Alfaomega Grupo Editor 1998.
- Domingo González, Miguel. *Gestionando las Tecnologías Avanzadas de Manufactura*. Resumen de Ponencias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Huanuco, Perú. Agosto del 2000.
- Tarcisio Knorst. *Aplicação da Tecnologia PFCP Integrada ao CAPP em Ambiente de Ferramentaria*. Florianópolis, 1998. Dissertacao (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- Barroca Delgado, J.D.. *Tecnologia CIM : Factores críticos na sua implementação*. Departamento Engenharia de Electrotécnica da ESTV, 1998.
- Silva, R. D.; Comunicação de dados em ambiente industrial: um protocolo para automação e controle em tempo real. São Carlos, SP, 1996. 190p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Tejada M. G. *Tutorial Fieldbus*. Revista Electrónica - UNMSM. No 1, Set. 1998 Lima- Perú.
- The Engineering Zone, <http://www.flinthills.com/-ramsdale/EngZone/design.-2001>