

**DIVERSOS ENFOQUES PARA EL ANALISIS DE UNA PLANTA
INDUSTRIAL INTEGRADA**

Armando De Giusti
Hugo Lorente
Patricia Pesado
Marcelo Naiouf

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática. (L.I.D.I.)
Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas.
Universidad Nacional de La Plata. (U.N.L.P.)
50 y 115 1er. Piso, Tel. (021) 21-4633 - (1900) La Plata - Argentina

Centro de Tareas Analógico Digitales. (Ce.T.A.D.)
Departamento de Electrotecnia. Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional de La Plata. (U.N.L.P.)
48 y 116 2do. Piso - (1900) La Plata - Argentina

RESUMEN

Este trabajo analiza un sistema de CIM (Computer Integrated Manufacturing) en el que se combinan control de tiempo real, planeamiento de la producción y manejo de información desde tres enfoques clásicos en Informática:

- Un modelo orientado al flujo de control con Redes de Petri.
- Un grafo de datos que analiza la comunicación de información en la planta.
- El tratamiento de la planta como un sistema de objetos que se comunican via mensajes.

Posteriormente se discute la implementación del sistema de software analizado en una planta tipo de la industria del plástico y se comparan las ventajas y desventajas del análisis realizado con cada uno de estos enfoques, así como se comparan las alternativas de lenguajes para la implementación.-

Por último se discute brevemente el problema de la transmisión de información en la planta, en tiempo real, y los problemas asociados con el subsistema de comunicaciones.-

ABSTRACT

This paper analyzes the model of a typical plant of the plastic industry, from the demand planning and manufacturing plans to the production infrastructure and its control, as well as the communication with the strategic decision making levels of the company.-

The plant is analyzed particularly from three different points of view:

- A model oriented to the control flow with Petri nets.

-- A data graph which analyzes the communication of information in the system.

-- The outline of the plant as a system of objects which communicate through messages.-

Finally, these focussing for the analysis and implementation of the associated software system are discussed comparatively.-

INTRODUCCION

Pueden definirse los sistemas de software integrados para control industrial (CIM) como el conjunto de aplicaciones que facilitan el control de todas las etapas del proceso productivo dentro de una fábrica, desde la planificación de futuros productos hasta su embalaje y despacho.-

La modelización de aplicaciones industriales reales es muy importante para determinar las estructuras de datos necesarias y los procesos de comunicación entre los niveles de control de gestión en la fábrica, de modo de implementar aplicaciones integradas. (Ref. 1, 2, 3, 4, 5, 6).-

Uno de los aspectos más relevantes de las aplicaciones de Computer Integrated Manufacturing es la variedad de áreas funcionales que abarca, tal como se ve en el esquema de la Fig. 1.-

En este contexto el desarrollo de sistemas de software para CIM involucra tecnología y recursos de diferente nivel, con un manejo e integración de información altamente complejo. (Fig. 2. Ref. 7, 8, 9).-

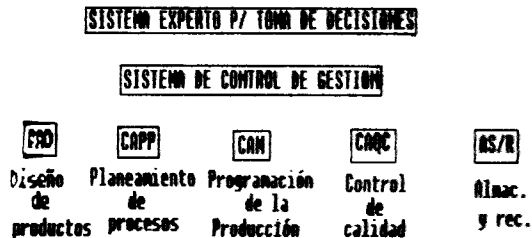


Fig. 1

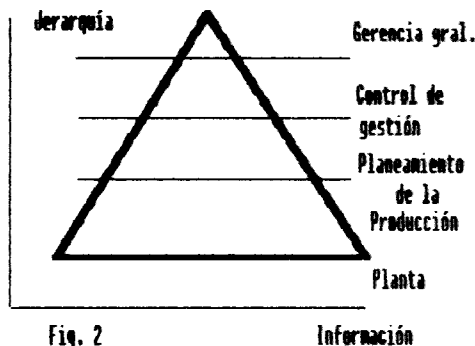


Fig. 2

Dados los diferentes objetivos de subsistemas de CIM tales como el diseño y desarrollo de productos; el planeamiento y optimización de la producción; las comunicaciones o la toma de decisiones gerenciales en función del "estado" de la planta y las proyecciones de los datos técnicos y económicos, es posible la utilización de diferentes paradigmas de programación en las diferentes "capas" o niveles en que estructuraremos el sistema de software.-

Por supuesto, como en todo sistema complejo, es muy importante en este caso la técnica de análisis y las herramientas utilizadas para realizarlo. Si priorizamos la visión del flujo de las acciones que se toman en la planta posiblemente nos inclinemos por utilizar alguna forma de máquina de estado en la modelización del sistema (Ref.10, 11); si en cambio queremos destacar las relaciones de información en la representación del sistema utilizaremos alguna herramienta centrada en el flujo de datos (Ref. 12, 13); por último si intentamos un análisis descomponiendo la planta en objetos que se comunican mediante mensajes utilizaremos object oriented programming. (Ref. 14, 15).-

Nuestro trabajo consistió en analizar y comparar tres vistas de una planta industrial "tipo", utilizando los enfoques antes mencionados, a fin de evaluar su utilidad en la implementación concreta del sistema de CIM.-

Hemos analizado el modelo de una planta industrial mediana, que responde a una estructura habitual en la Argentina, dedicada a la fabricación de productos de inyección de plástico y bakelita.-

En la misma, existe una línea muy amplia de producción que va desde accesorios para la industria automotriz, gabinetes para equipos de audio, video y t.v. hasta cajones de plástico en diferentes tamaños y modelos.-

Para llegar a esta amplia gama de productos posibles, existe un conjunto de matrices desarrolladas internamente en la planta y un conjunto de máquinas con diferente capacidad de inyección cuya asignación óptima frente a los requerimientos de los clientes es uno de los objetivos más importantes del sector producción.-

Una descomposición jerárquica de la estructura de la planta muestra una pirámide como la de la fig. 1, donde en el nivel más alto debe tomar las decisiones estratégicas en función del "estado" de la planta y de la información que llega procesada por las capas inferiores; el nivel de control de gestión representa la interfase con clientes y proveedores y del mismo dependen los análisis de costo de producción que constituyen un elemento esencial en la toma de decisiones; planeamiento de la producción y desarrollo de nuevos productos constituyen las dos gerencias técnicas por excelencia de la planta; en ellas se deben organizar los planes de producción actuales en función de los pedidos de clientes y al mismo tiempo llevar adelante el desarrollo de la matricería para nuevos productos, lo que implica un planeamiento "a mediano plazo" de la asignación de recursos; por último la base de la pirámide está formada por las líneas de producción mismas, que involucran el equipamiento, sus sistemas de control y las interfaces de información constituidas básicamente por las órdenes de trabajo en un sentido y los partes de producción en el otro.-

Un aspecto importante del tipo de planta elegido es su complejidad:

** La variedad de productos obliga a reasignaciones dinámicas de recursos. (Por ej. no siempre un tipo de producto se fabrica sobre la misma maquinaria).-

** Dada la variedad de componentes de cada producto, no existe un análisis de producción (y por ende de costo) único por producto, sino que el mismo depende de las existencias de stock de materias primas y de los costos relativos del mercado.-

** Los planes de trabajo (teóricamente mensuales) deben ajustarse permanentemente ante fallas de máquinas o ingreso de pedidos de mayor prioridad.-

** A la planificación de corto plazo (armado de planes de trabajo en función de pedidos) se le agrega la planificación de mediano plazo referida a la fabricación de nuevos moldes que tiene estrictos compromisos de tiempos con los clientes (Por ej. accesorios para un nuevo modelo de automóvil).-

ANALISIS DE LOS OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE SOFTWARE PARA ESTE TIPO DE PLANTA

La lectura de la breve descripción del punto anterior, permite visualizar al menos 5 subsistemas de software dentro de la planta:

** El subsistema dedicado al control de producción, en tiempo real.

** El subsistema de CAD/CAM utilizado especialmente en el diseño de nueva matricería.

** La capa de software dedicada al planeamiento de la producción.

** El subsistema de control de gestión.

** El software que integra información de los subsistemas anteriores y la presenta adecuadamente procesada para la toma de decisiones estratégicas.

Lógicamente en cada uno de estos niveles existen objetivos "locales", pero mirando el sistema globalmente pueden señalarse los siguientes objetivos:

1 - Optimizar el armado de planes de trabajo, en función de los pedidos recibidos. Esta optimización debe tener en cuenta los recursos disponibles, los tiempos de fabricación de cada producto y los stocks y valores relativos de las materias primas.-

2 - Mantener en tiempo real el estado de producción de la planta, de modo de utilizar información actualizada en cada nivel del sistema de software.-

3 - Integrar la información de producción con la de control de gestión administrativa, a fin de proyectar la situación general del sistema (por ejemplo obtener proyecciones financieras de obligaciones e ingresos) y presentar la misma para la toma de decisiones estratégicas.-

4 - Producir toda la documentación clásica de la gestión administrativa (remitos, facturas, cuentas corrientes, pagos, etc), en tiempo real.-

UN MODELO CON REDES DE PETRI

En la Fig. 3 se observa un primer nivel de descripción de la planta utilizando una Red de Petri. Inmediatamente surgen las características propias de esta descripción:

1 - Es muy clara la identificación "global" del sistema y los sectores funcionales que componen la planta.-

2 - El flujo de control en la planta queda reflejado con fidelidad en el grafo asociado.-

3 - Es muy difícil mostrar las comunicaciones de datos entre sectores, y más aún las "vistas" de las estructuras de datos disponibles en cada área o utilizadas para la toma de decisiones estratégicas.-

4 - El grafo no refleja los algoritmos complejos (tales como los que definen las funciones de optimización en la formulación de los planes de trabajo).-

MODELO CLASICO DE FLUJO DE DATOS

El data-flow de las Fig. 4, 5 y 6 muestra parcialmente el análisis de la planta con esta herramienta. Si reflexionamos sobre este tipo de descripción, podemos considerar:

1 - Es poco clara la visión general del sistema y del flujo de control en el mismo.-

2 - Aparecen con mayor nitidez que en la Red de Petri las estructuras de datos utilizadas y su comunicación entre sectores operativos de la planta.-

3 - Es posible aproximar la representación gráfica del sistema a la modularización del software.-

4 - También es difícil reflejar la estructura interna de los algoritmos que elaboran información para la toma de decisiones.-

EL ANALISIS CON UN ENFOQUE ORIENTADO A OBJETOS

Este mismo análisis realizado con objetos entrega un conjunto de descripciones tales como las de la Fig. 7, en la cual se reflejan dos acciones del sistema de software. Inmediatamente podemos reflejar las características de tal descripción:

1 - Es muy clara la visión de entidades tratadas como datos abstractos (Por ej. Plan de Trabajo, Pedidos) las cuales se interrelacionan por un conjunto finito y permitido de acciones o mensajes.-

2 - Desde el punto de vista de la construcción de los módulos del software, se trata de una excelente "visión" de lo que hay que realizar.-

3 - Sin embargo, es difícil relacionar directamente este modelo con la estructura que el usuario tiene de la planta. Por ello la abstracción requerida para llegar desde el usuario a una descripción con objetos es mayor.-

4 - Se pierde la idea "global" del sistema, controlado por un cierto flujo lógico.-

5 - Naturalmente se tiende a una implementación "bottom-up".-

ASPECTOS DE LA IMPLEMENTACION

En nuestro trabajo, implementamos efectivamente el sistema de software integrado analizado, utilizando Pascal sobre una estructura de red de microcomputadoras IBM PS; posteriormente la Lic. Grad (Ref. 16) realizó una implementación experimental con C++, basándose en el análisis centrado en objetos.-

La primera implementación combinó un modelo de máquina de estado para la definición inicial del sistema de software y su modularización (e incluso para la distribución física de equipos y subsistemas) y fue puesta efectivamente en funciones en 16 meses-hombre. Los resultados funcionales del sistema han sido satisfactorios, y el aspecto tal vez más criticable de la modelización realizada es la dificultad de aislar el efecto de modificaciones generadas en nuevos requerimientos del usuario.-

La segunda implementación fue lógicamente más rápida (se trató de un prototipo, basado en un sistema de software en funcionamiento) y sus mayores virtudes están en la potencialidad del paradigma de objetos para la descripción encapsulada de las entidades propias del sistema de software, lo que asegura un mantenimiento mucho más simple que en la solución clásica. Sin embargo, aún cuando se optó por C++ por la complejidad propia de Smalltalk, la conclusión negativa es que los lenguajes de implementación para este paradigma aún distan de resultar eficientes y flexibles para la puesta a punto de un sistema profesional.-

LA TRANSMISION DE DATOS EN LA PLANTA

Como es habitual en las aplicaciones de CIM, el problema del flujo de información en la planta es de primordial importancia por la distribución física, la heterogeneidad de los datos involucrados y la necesidad de disponer de información actualizada en diferentes sectores.-

La situación actual es la de una red que interconecta los sectores de gerenciamiento, control de gestión y planeamiento de la producción, vía cable y una interfase escrita (órdenes / partes de producción) que enlaza el sector productivo propiamente dicho con el resto de la planta. El subsistema de CAD funciona independientemente, aunque tiene recursos compartidos con el sector producción de la planta.-

Por lo mencionado anteriormente, se está estudiando la instalación de una red local con comunicación vía radio, en el sector producción que recoja la información de piezas elaboradas en tiempo real (así como los tiempos, causas de retrasos, etc) y los transmita a la base de datos central.-

La tendencia a las soluciones sin cable (Ref. 17, 18) es una realidad así como la necesidad de trabajar con información no-homogénea, lo que obliga al empleo de protocolos adecuados. (Ref. 19, 20).-

CONCLUSIONES

Se ha presentado el modelo de una planta de producción tipo, discutiendo su representación con Redes de Petri, diagrama de Flujo de Datos y Objetos.-

La discusión de estos tres paradigmas favorece al modelo de objetos en la descomposición funcional del sistema, aunque resulta difícil la implementación del mismo en un verdadero lenguaje de programación orientado a objetos. En este caso la solución más eficiente parece ser la implementación en un lenguaje procedural tratando de respetar el encapsulamiento funcional y la abstracción de datos presente en el análisis con objetos.-

Agradecimiento: Los autores agradecen a la Lic. Silvina Grad por sus aportes a este trabajo, mencionando especialmente la Ref. 16 de la bibliografía, y al personal técnico y directivo de COZZUOL S.A. por su colaboración en la concepción del sistema.-

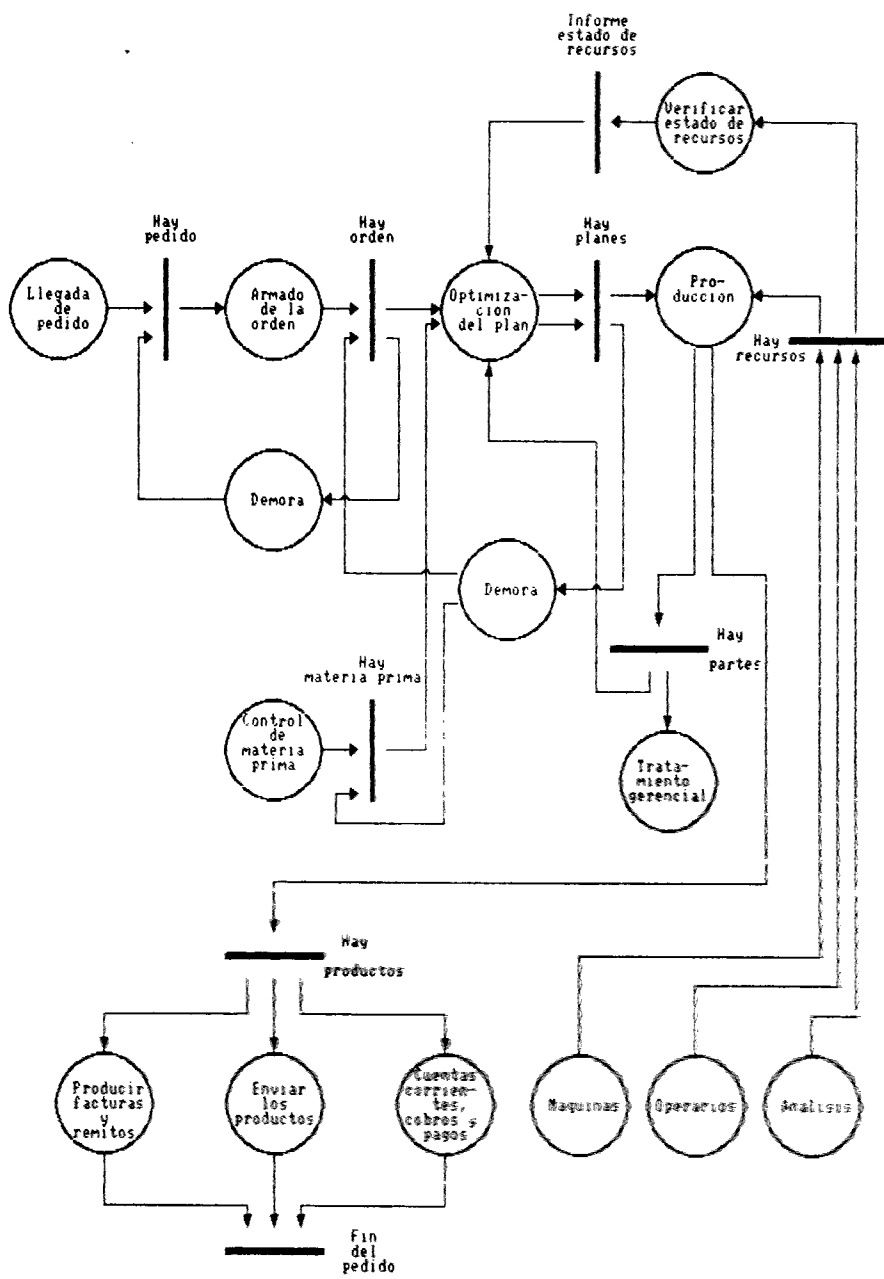
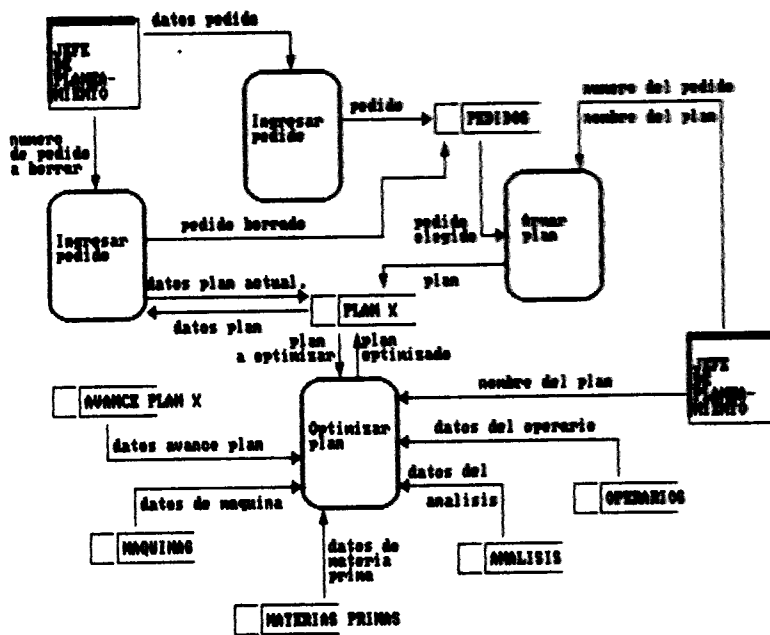
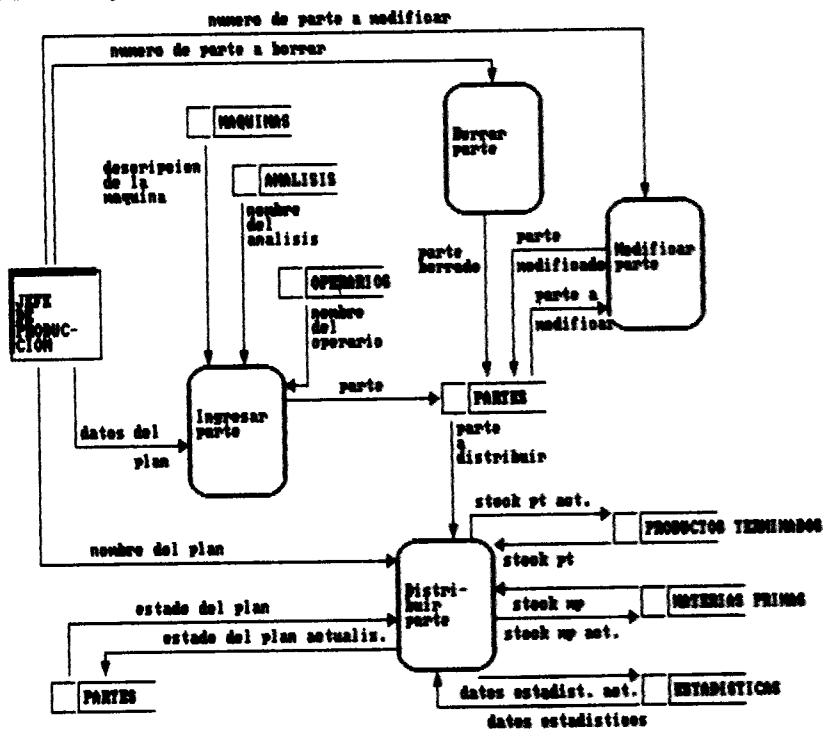


FIGURA 3

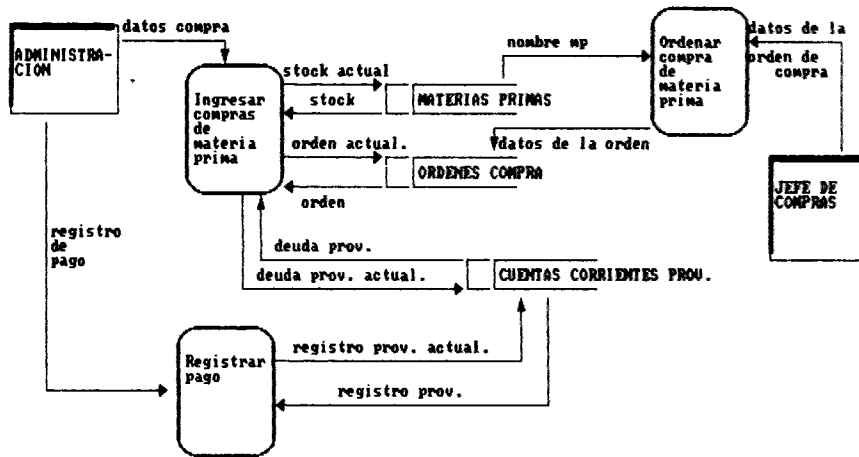


Tratamiento de pedidos y planes.

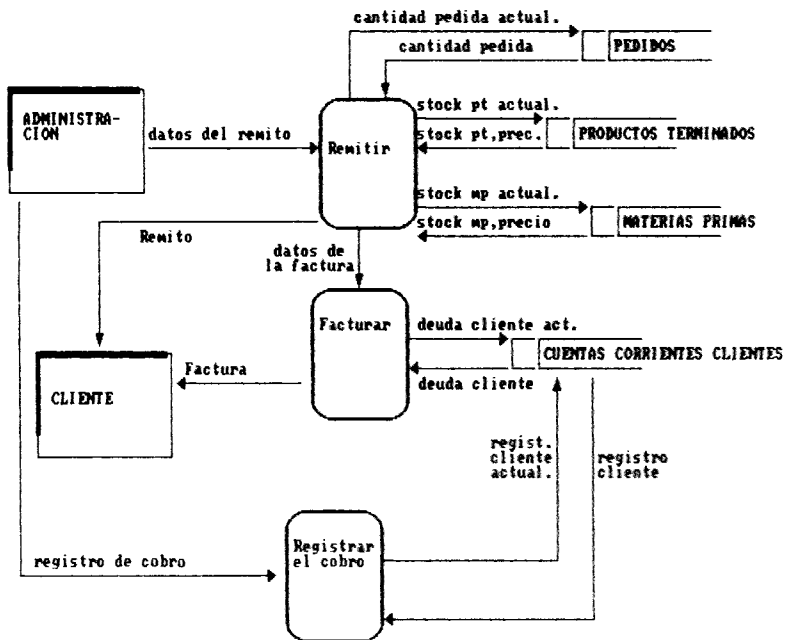


Tratamiento de partes.

FIGURA 4

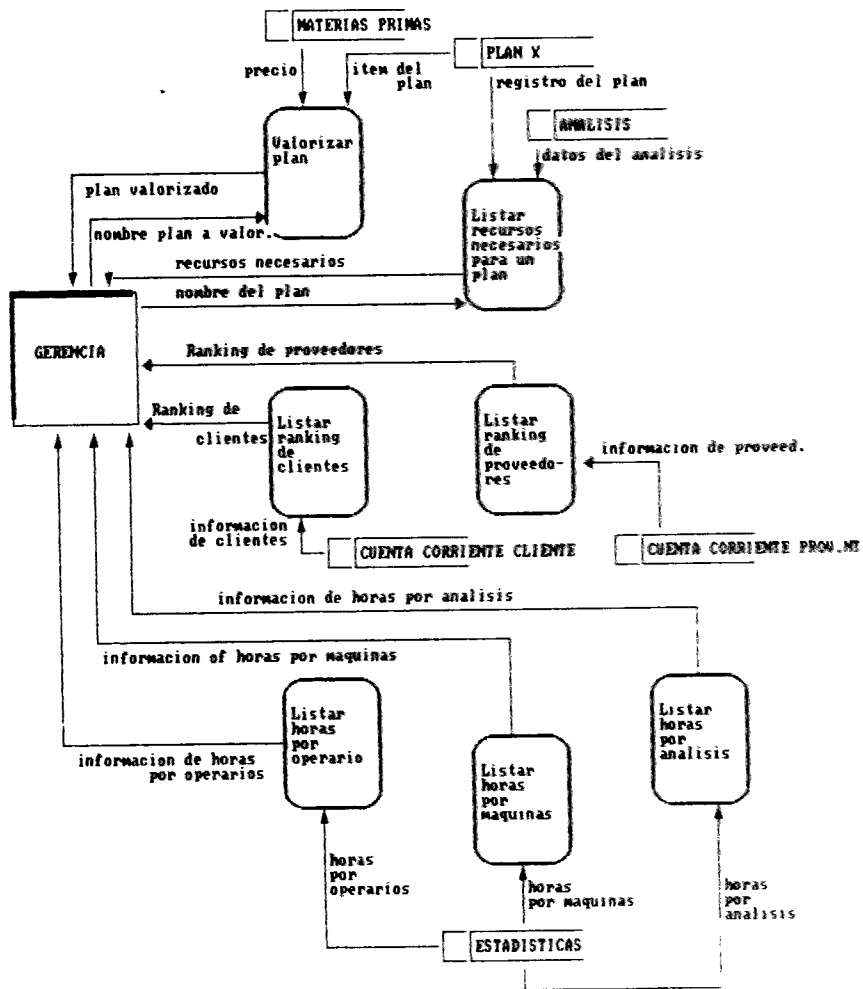


Tratamiento de proveedores



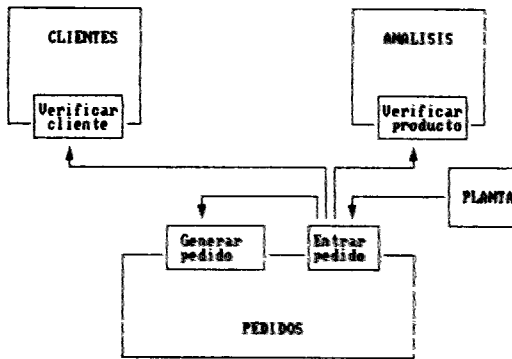
Tratamiento de clientes

FIGURA 5

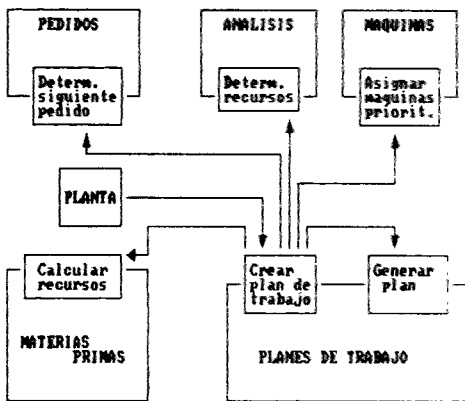


Tratamiento gerencial

FIGURA 6



Ingreso de pedido.



Crear plan de trabajo

FIGURA 7

REFERENCIAS

- 1- Kusiak, Heragu. "Computer integrated manufacturing: A structural perspective". IEEE Network. May 1988.
- 2- Chang, Wysk. "An introduction to automated process planning systems". Prentice Hall. 1985.
- 3- Pao. "Elements of Computer Aided Design and Manufacturing". Wiley. 1984.
- 4- Seidmann. "Intelligent approach for automated storage and retrieval systems". Expert Systems: Design and management of Manufacturing systems. London. 1988.
- 5- Stover. "An analysis of CAD/CAM applications". Prentice Hall. 1984.
- 6- De Giusti, Pesado, Naouf. "Computer Integrated Manufacturing: modelling a production plant from different views". Simposio Internacional de Informática de la Univ. de Zagreb (Yugoslavia). 1989.
- 7- Hope. "Mechanical CAE system design databases". Computer Aided engineering journal. Vol 3. Num.6. 1986.
- 8- Pels, Wegter. "Conceptual integration of databases for computer integrated manufacturing". Computer Applications in Production and engineering. Elsevier. New York. 1984.
- 9- "Database management: gateway to CIM". Special Report of American Machinist. Oct. 1987. pp. 81-88.
- 10- Gehani, McGettrick. "Software specification techniques". Addison Wesley. 1988.
- 11- Naouf, DeGiusti. "Ambiente para la Especificación de Sistemas de Tiempo Real con Redes de Petri". Informe Técnico. LIDI 1989.
- 12- Yourdon, Constantine. "Structured Design". Prentice Hall. 1979.
- 13- Gane, Sarson. "Structured system analysis: Tools and techniques". McDonnell Douglas Corp. 1981.
- 14- Takahasi. "Introdução a programação orientada a objetos". EBAI. 1988.
- 15- Bertone, Faccipieri. "Administrador de bases de datos orientado a objetos". Informe Técnico. LIDI 1988.
- 16- Grad. "Desarrollo de sistemas basado en Programación Orientada a Objetos". Informe técnico. LIDI 1988.
- 17- Lessard, Gerla. "Wireless Communications in the Automated Factory Environment". IEEE Network. May 1988.
- 18- Sintonen, Virvalo. "The hierarchy of Communication Networks in the programable assembly cell: an Experimental Framework". IEEE Network. May 1988.
- 19- Pimentel. "Performance Evaluation of MAP Networks". Proc. IECON'85. San Francisco. Nov. 1985. pp. 629-634.

20- Morris. "Setting the Standards for standardization: definitions of the seven layer model". MAP/TOP interface. Feb. 1986. pp 1-4.



Armando E. De Giusti es investigador independiente del CONICET en el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Univ. Nac. de La Plata (Argentina). Es Profesor Titular de Informática. Sus temas de investigación se relacionan con software

para sistemas de tiempo real y aplicaciones de automatización industrial y de oficinas.-

De Giusti egresó como Ingeniero Electrónico en la Facultad de Ingeniería de la UNLP y como Calculista Científico en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP en 1973 y desde entonces se ha dedicado a la docencia e investigación universitaria registrando más de 50 publicaciones científicas. Dirige el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática (LIDI).-



Hugo E. Lorente es Profesor Titular con dedicación a la investigación en el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Univ. Nac. de La Plata y en el Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.

Sus temas de investigación se relacionan con comunicaciones digitales, en particular radioenfases y sus aplicaciones en redes de computadoras en ambientes de automatización industrial y de oficinas.-

Lorente egresó como Ingeniero en Telecomunicaciones en 1967 y desde entonces ha realizado una dilatada carrera académica y profesional, registrando más de 20 publicaciones científicas.-



Patricia M. Pesado es Asistente de Investigación en la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). Es Profesor Adjunto de Análisis de Sistemas en el Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Univ. Nac. de La Plata.-

Sus temas de investigación se relacionan con la concepción de sistemas para automatización industrial y de oficinas.-

Egresó como Calculista Científico en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP en 1982 y desde entonces se ha dedicado a la docencia e investigación científica.-



Marcelo Naiouf es docente del Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Univ. Nac. de La Plata (Argentina), donde egresó como Analista de Computación en 1987.-

Actualmente completa los estudios de Licenciatura en Informática

y su tema de trabajo en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática (LIDI) se relaciona con Especificación y Diseño de Sistemas de Tiempo Real.-