

SISTEMA SOPORTE DE DECISIONES PARA EMPRESAS INDUSTRIALES: Diseño de la Base de Modelos

Mariela RICO, Marcelo SCOTTA, Omar YUSCHAK
Ma. Laura TAVERNA, Juan C. RAMOS y Omar CHIOTTI.

GIDSATD - *Grupo de Investigación y Desarrollo de SSD*
UTN - Facultad Regional Santa Fe - Lavaise 610 - 3000 - SANTA FE
TE:(042)62390, 61579 - FAX: (042)690348 - E.Mail: SCYT @ UTN RSF EDU AR

RESUMEN

En este trabajo presentamos el diseño conceptual de la estructura de la Base de Modelos de un Sistema Soporte de Decisiones para empresas industriales dedicadas a la elaboración de varios productos. La Base de Modelos se representa mediante una estructura modular especificando la función de cada módulo en el proceso de soporte de decisión.

Palabras claves: Sistema Soporte de Decisiones, SSD:Base de Modelos

SISTEMA SOPORTE DE DECISIONES PARA EMPRESAS INDUSTRIALES: Diseño de la Base de Modelos

INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo tecnológico y la internacionalización de los mercados ha generado una fuerte competitividad obligando a las empresas a abandonar los conceptos Tayloristas de división del trabajo que se originaron con la revolución industrial. Según la nueva visión de las organizaciones establecida por la Reingeniería, las empresas deben organizarse alrededor de sus procesos productivos, organizando de manera eficaz todas las actividades que dan origen a la creación del valor agregado que se entrega a los consumidores a través de los productos. El nuevo ambiente implica un cambio radical en el cual las tecnologías orientadas a procesar datos para convertirlos en información son fundamentales. La reingeniería del proceso de toma de decisiones implica una nueva cultura basada en el desarrollo de aplicaciones científicas que incluyan los adelantos en algoritmos, hardware, software, comunicaciones, interfaces de usuarios, métodos y herramientas de desarrollo etc.

En este contexto, Sage A. P. (1991) define conceptualmente a un Sistema Soporte de Decisiones (SSD) como una herramienta de ayuda al decisor con el objetivo de aumentar la efectividad y en segundo término la eficiencia del mismo en el proceso de decisión.

Se han publicado varios trabajos y textos que describen SSD para sectores particulares de la empresa. Por ejemplo, Silver E. A. & R. Peterson (1985) describen una estructura base de un sistema de decisión para gestión de inventario y planificación de la producción. Gupta y Gali (1993) describen el diseño y la implementación de un sistema de planificación de la producción que genera planes alternativos de costos inferiores. Parker, S. y otros (1994) describen la estructura de un SSD para scheduling del personal en una industria manufacturera. Paradise (1992) presenta una estructura jerárquica para un prototipo de un sistema de apoyo a la toma de decisión. Adamopoulos y otros (1994) describen un prototipo de un SSD para decisiones tácticas y operacionales en una industria textil.

Una característica común en los SSD descriptos en estas publicaciones es que fueron diseñados para servir de soporte de decisiones a determinados sectores de la organización (scheduling de personal, planificación y scheduling de producción, planificación, gestión y control de inventarios, planificación y control financiero etc.), motivo por el cual la estructura de estos sistemas se ajusta a la situación particular a la cual sirve de soporte, y difícilmente pueda ser utilizable en otros esquemas de organización, ya sea de otra empresa o de la propia empresa. Esta es una limitación importante para un SSD.

Por otra parte los permanentes cambios tecnológicos y la nueva visión de las empresas orientada a satisfacer la expectativa del cliente, resulta en una considerable reducción del ciclo de vida de los productos y de los procesos productivos. Esto obliga a las empresas a una permanente actualización de sus productos y de sus líneas de procesamiento.

El objetivo de nuestro trabajo es diseñar la estructura de un SSD, para empresas industriales, cuyas características básicas son: capacidad de adaptación a distintas estructuras organizativas de la empresa y flexibilidad para acompañar la dinámica de cambio de los productos y procesos productivos. En la primer parte de este trabajo describimos el diseño conceptual de la estructura del SSD. En la segunda parte describimos brevemente las actividades que el SSD soporta.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SSD

El SSD en desarrollo está orientado a empresas industriales que procesan un número relativamente grande de productos (industrias alimenticias, farmacéuticas y de manufactura en general). Un sistema SSD consta esencialmente de tres componentes principales:

- Un Sistema Administrador de Base de Datos (SABD).
- Un Sistema Administrador de Base de Modelos (SABM).
- Un Sistema de Generación y Administración de Diálogo (SGAD).

Luego el diseño del SSD debe proveer una estructura apropiada que considere a cada uno de estos sistemas, sus relaciones e interacciones.

En este trabajo describimos la estructura conceptual de la base de modelos del SSD que estamos diseñando. La misma es representada esquemáticamente en la Figura 1. Para el diseño de la Base de Modelos hemos clasificado a las decisiones involucradas en estas organizaciones en tres niveles jerárquicos: decisiones estratégicas, decisiones tácticas y decisiones operativas. En cada uno de estos niveles existen distintos sectores de decisión; el número de los mismos aumenta a medida que descendemos en la escala jerárquica. El SSD debe poder asistir a los responsables de las decisiones en cada sector, cada uno de los cuales requiere de diferentes herramientas de decisión e información. Además el SSD es el responsable de coordinar y controlar adecuadamente las decisiones de cada sector para asegurar su consistencia, de lo contrario se transformaría en una estructura atomizada donde cada uno decide desconociendo lo que decidieron los demás. Esto requiere como condición fundamental que el SSD sea diseñado en forma global, aun cuando la implementación posterior se realice por etapas. Esta es una característica básica de diseño de nuestro SSD.

Otra característica deseable en un SSD es dotarlo de capacidad para adaptarse al dinamismo de las estructuras de las organizaciones. Como ya lo expresáramos, las organizaciones actuales se estructuran en torno de los procesos productivos, los cuales requieren permanentes actualizaciones debido a los cambios tecnológicos y a la política de las empresas de producir lo que el cliente desea. Para obtener un diseño del SSD suficientemente flexible para adaptarse a estos cambios, según se muestra en la figura 1, hemos particionado la estructura del SSD en módulos (subsistemas) por actividades. En esta estructura hemos incluido tres módulos no convencionales: El módulo de **Diseño de Producto**, el cual tiene por finalidad asistir en el diseño de nuevos productos, permitiendo la incorporación automática del mismo al SSD, como así también dar de baja a productos que ya no se van a producir. El módulo de **Evaluación de Costos**, el cual permite evaluar el costo actualizado de las actividades involucradas con un dado producto (nuevo producto, producto con nuevas especificaciones o bien producto estándar de producción). El módulo **Financiero**, el cual tiene a su cargo las actividades de planificación, control y gestión del desenvolvimiento financiero de la organización en distintos horizontes de tiempo.

Por otra parte, desde el punto de vista del mantenimiento del SSD, la estructura modular de la Base de Modelos permite un fácil acceso a los modelos, almacenar nuevos modelos y eliminar o modificar modelos existentes. Además facilita el análisis y la posterior implementación del SSD.

Los módulos que integran la Base de Modelos son:

- Generador de producto.
- Evaluador de costos.
- Administrador de materiales.

- Capacidad de Producción.
- Órdenes por ventas comprometidas.
- Información externa.
- Estimador.
- Planificación estratégica.
- Planificación agregada a mediano plazo.
- Planificación de corto plazo.
- Scheduling de actividades diarias.
- Gestión de inventario de productos.
- Control de ejecución de actividades.
- Financiero.

Describimos a continuación la función de cada uno de estos módulos y de los modelos de decisión involucrados.

Generador de Producto

Este módulo tiene por objetivo generar la estructura de cada nuevo producto. Esto implica definir los atributos necesarios para caracterizar el producto. Estos son:

Requerimiento-de-Materiales: especifica todos los materiales requeridos para generar una unidad del producto en las condiciones requeridas por el mercado.

Cadena-de-Procesamiento: especifica la secuencia de operaciones (tareas) requeridas para pasar de la Materia Prima al producto en las condiciones requeridas por el mercado.

Cadena-de-Actividades: especifica la secuencia de actividades asociadas al producto (aparte de las actividades de procesamiento) tales como diseño, comercialización, etc...

La estructura de cada nuevo producto generado es almacenada en la Base de Productos a efectos de ser usada en futuras consultas y eliminada cuando el producto deja de ser producido por la empresa.

Evaluador de Costos

La función de este módulo es atender las consultas solicitando información del costo de un producto. En el desarrollo de la estructura de costo de un producto se ha cambiado el esquema tradicional de asignación de costos directos e indirectos por el paradigma de evaluación de costos por las actividades involucradas con el producto desde su concepción hasta el ingreso del beneficio obtenido por la venta de dicho producto. Esta estructura de costos es de gran utilidad porque permite evaluar la incidencia de cada actividad en el costo del producto. La *Estructura-de-Costos* interactúa con la Base de Datos de precios de los distintos elementos de costos (materiales, servicios, mano de obra, amortización de equipos, transporte, etc.) para generar el valor del costo del producto. Para cada producto define los atributos:

Costo-de-Materiales: a partir del atributo *Requerimiento-de-Materiales* del producto, consulta al módulo de Materiales de quien obtiene la información de la *Estructura-de-Costos-del-Material* requerido.

Costo-de-Producción: a partir del atributo *Cadena-de-Procesamiento* del producto, consulta al módulo de Capacidad de Producción para obtener información de la estructura de costo del *Proceso-de-Producción* del producto.

Costo-de-Actividades: a partir del atributo *cadena-de-Actividades* genera la estructura de costo de las actividades asociadas con el producto (excepto las actividades de producción).

La *Estructura-de-Costos* generada se almacena en la Base de Modelos de Costos e interactúa dinámicamente con la Base de Datos Costos manteniendo actualizada la información del costo del producto.

Administrador de Materiales

Diseñado para atender tres niveles de actividades distintos:

N1: Definición de la *Estructura-de-Costos-de-Materiales*.

N2: Evaluación de la disponibilidad de materiales.

N3: Planificación y Control de Gestión de Inventarios de Materiales para un dado horizonte de tiempo.

N1: La definición de la *Estructura-de-Costos-de-Materiales* asociados al atributo *Requerimiento-de-Materiales* del producto se realiza a través de modelos de Asignación de materiales requeridos a unidades de comercialización (lineales, superficiales o volumétricos) de los materiales. Según el caso, podrá utilizar modelos tan simples como aquellos generados en base a reglas heurísticas hasta sofisticados modelos de programación matemática que permitan definir la asignación óptima.

El atributo *Estructura-de-Costos-de-Materiales* se define por unidad de comercialización del material incluyendo:

$$\text{Estructura-de-Costo-de-Material} \Leftarrow \text{U. Costo-de-Facturación} + \text{U. Costo-de-Gestión} + \text{U. Costo-de-Almacén.}$$

La estructura generada se almacena en la Base de Modelos de Materiales la cual interacciona dinámicamente con la Base de Datos de Materiales manteniendo actualizada la información de los parámetros de la estructura y la vigencia de la misma.

N2: Posee modelos que permiten determinar la disponibilidad actual y futura de materiales a partir de datos de plazos de entrega, unidades de comercialización, etc., obtenidas de la Base de Datos de Materiales. Este nivel asiste a las decisiones involucradas con la aceptación de una nueva orden de producción, también asiste a las decisiones involucradas con el scheduling de órdenes de producción.

N3: Planificación y Gestión de inventarios de materiales. Este módulo recibe la estructura de la *Información-de-Ventas-Estimadas* de cada producto para un dado horizonte de tiempo.

Esta estructura de información contiene las estimaciones de ventas de cada producto para los próximos (X,2X,4X,8X,12X) [días] donde X es el número de días involucrados en la planificación de corto plazo (usualmente 7 días). La *Información-de-Ventas-Estimadas* se actualiza dinámicamente cada X días. En base a esta información interactúa con el módulo **Generador de Producto** para generar la *Información-de-Requerimiento-Estimado-de-Materiales*. Esta información junto a los atributos *Política-de-Inventario* (contiene información de la política de inventario de un dado material JIT, Nivel Mínimo, etc.) y *Modelo-de-Gestión* (define el modelo con el cual se llevará a cabo la gestión de inventario de un dado material) define las *Ordenes-de-Provisión-de-Materiales*.

Capacidad de Producción

El módulo tiene a su cargo las siguientes actividades principales:

- Generar el *Proceso-de-Producción*: a partir del atributo *Cadena-de-Proceso* del producto define la secuencia de equipos necesaria para transformar los materiales en el producto comercial.
- Genera la estructura de *Costos-de-Producción*.
- Asiste a los módulos de Planificación.
- Asiste al módulo de Scheduling: recurriendo a los modelos apropiados a cada caso suministra información respecto al *Tiempo-de-Procesamiento* del *Proceso-de-Producción* según la *Política-de-Operación* seleccionada (continua, batch sin almacenamiento intermedio, batch con almacenamiento intermedio, etc.).

Interactúa con una base de Datos de Equipos en la cual se encuentra toda la información referente al equipo. En dicha base se almacena también la información del *Proceso-de-Producción* generada para un dado producto.

Órdenes por Ventas Comprometidas

Este módulo tiene a su cargo asistir a la gerencia de ventas suministrando información a cerca de:

- *Costos-del-Producto* y *Plazo-de-Entrega*: permitirá al decisor evaluar el costo de un producto para distintas especificaciones y plazos de entrega.
- *Orden-de-Producción*: genera la orden de producción correspondiente en el caso de concretarse la venta del mismo (venta comprometida).

Inventario de Productos

Este módulo es el responsable de la planificación, la gestión y el control de stock de los productos. Su estructura es análoga a la del nivel N3 del módulo de Materiales.

Es el responsable de la generación de la *Orden-de-Producción-para-Stock*.

Se comunica con una Base de Datos en la cual se encuentra la información de los niveles de stock de cada producto.

Estimador

Este módulo debe proporcionar asistencia en predicciones a corto, mediano y largo plazo, requeridas por algunos de los módulos. Las predicciones serán particularmente importantes en el logro de los objetivos de los módulos de planificación.

La información es generada a partir de datos internos de la empresa (datos históricos, datos basados en opiniones, etc.) y datos externos a la empresa necesarios para asistir al decisor. El módulo cuenta además con un mecanismo de control y corrección cuando los errores de predicción sean mayores a los esperados

Un conjunto de modelos econométricos y algoritmos de interpolación, extrapolación, agregación y de análisis de regresión múltiple permitirán procesar los datos externos e internos de la empresa para horizontes de tiempo variables (días, meses, años). La información es almacenada en la Base de Datos interna para responder a nuevas solicitudes.

Planificación Estratégica

Tiene por objetivo asistir al decisor en la definición de la política estratégica de la organización para el largo plazo.

Recibe información interna y externa a la organización elaborada por el módulo Estimador. La información financiera es procesada por el módulo Financiero.

El módulo cuenta con modelos de decisión cualitativos y algoritmos expertos que ayudan al decisor a formalizar su esquema de razonamiento permitiendo generar, evaluar y analizar alternativas estratégicas. Este módulo es también responsable de definir el mecanismo de acción necesario para implementar las alternativas elegidas, transmitiendo al módulo de Planificación Agregada de Mediano Plazo la *Política-Estratégica* definida.

Planificación Agregada a Mediano Plazo

La función de este módulo es convertir la *Política-Estratégica* de la organización definida por el módulo de Planificación Estratégica en *Políticas-de-Producción* agregadas para el mediano plazo.

Modelos de decisión y algoritmos cuantitativos son las herramientas fundamentales con las que cuenta el módulo para realizar la tarea asignada.

Planificación de Corto Plazo

La actividad de este módulo consiste en “desagregar” la información de las *Políticas-de-Producción* generadas por el módulo anterior y convertir a las mismas en *Órdenes-de-Producción-Planificadas* a ser sometidas a Scheduling, junto a las *Órdenes-de-Producción-Comprometidas*, y las *Órdenes-de-Producción-para-Stock* generadas por el módulo de Gestión de Inventario de Productos.

Para cada *Orden-de-Producción* es necesario definir los siguientes atributos:

- Producto.
- Cantidad.

- Fecha de entrega.
- Tipo de Orden: A- Orden comprometida.
B- Orden Planificada por estimaciones.
C- Orden para stock.
- Prioridad por cliente.
- Cadena de Procesamiento.

Scheduling de Actividades Diarias

Este módulo es el responsable de realizar el Scheduling de las *Órdenes-de-Producción* generadas por el módulo de Planificación de Corto Plazo.

Diversos modelos de Programación Matemática y algoritmos expertos basados en reglas de producción podrán ser utilizados para llevar adelante la tarea de asignación y cronogramación de los recursos involucrados en la producción de los productos indicados en las *Órdenes-de-Producción*.

La tarea de Scheduling se realiza coordinadamente con el módulo de Capacidad de Producción, de Administración de Materiales y de Gestión de Inventarios de Productos. Es decir, como resultado del Scheduling quedan definidas:

- El *Cronograma-de-Producción*.
- El *Cronograma-de-Actividades-de-los-Equipos*.
- El *Cronograma-de-Suministro-de-Materiales*.
- El *Cronograma-de-Suministro-de-Productos-de-Stock*.

Control de Ejecución de las Actividades

El objetivo de este módulo es el control en tiempo de ejecución del desarrollo de las actividades en comparación con los cronogramas definidos durante el Scheduling de las *Órdenes-de-Producción*.

Es el responsable de generar los cursos de acción necesarios para corregir cualquier desviación que considere no conveniente; pudiendo ordenar el “rescheduling” de las *Órdenes-de-Producción* si fuese necesario.

El “rescheduling” de las *Órdenes-de-Producción* puede ser generado por múltiples factores. Por ejemplo: La necesidad de incluir una nueva Orden-de-Producción, la rotura de equipos de producción, demora en el abastecimiento de algún material, falla en el suministro de servicios, etc.

Modelos cuantitativos y algoritmos expertos podrán ser usados para esta actividad.

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado la estructura conceptual de la Base de Modelos de un SSD para empresas industriales. A diferencia de las estructuras de Bases de Modelos de SSD recientemente publicadas, las cuales han sido desarrolladas para una industria en particular o un sector de la misma, la Base de Modelos de nuestro SSD ha sido dividida en catorce módulos a efectos de dotar a la misma de la flexibilidad necesaria para adaptarse a

los distintos procesos industriales y a la dinámica de cambios de las organizaciones, incluyendo tres módulos no convencionales: Generador de Producto, Evaluador de Costo y Financiero.

Para cada uno de los módulos hemos presentado una descripción conceptual de las actividades de soporte de decisión de la cual son responsables, la información principal que deben generar y el elemento de comunicación entre módulos y con la Base de Datos.

El SSD ha sido diseñado con una estructura orientada a objetos, la etapa que continúa es el desarrollo de un prototipo del SSD. Esta etapa está siendo abordada actualmente por nuestro grupo de investigación y desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMOPOULOS, G., N. KARACAPILIDIS & S. PANTAZOPOULOS, *Production Management in the Textil Industry Using the "YFADI" Decision Support System*, Comp. & Chem. Engng Vol 18, pp s577-s583, (1994).

ADELMAN, L., *Evaluating Decision Support and Expert Systems*, John wiley & Sons (1992).

BEDWORTH, D.D. & J.E. BAILEY, *Integrated Production Control Systems. Management, Analysis, Design 2/E*, John Wiley & Sons (1987).

DAVID, F.R., *Strategic Management*, MacMillan Publishing Company, 1993.

GUPTA, T. & T.R. GALI, *Design and Implementation Scheme for an Alternate Process Planning System - A-CAPPS*, Computers in Industry 22 pp. 15-23, (1993).

PARADICE, D.B., *SIMON: An object-Oriented Information System for Coordinating Strategies and Operations*. IEEE Transactions on Systems, Man and Sybernetics, Vol.22,3,(1992).

PARKER, S., E.M. MALSTROM, L.M. IRWIN & G. DUCOTE, *A Decision Support System for Personel Scheduling in a Manufacture Enviroment*, Comp. Ind. Engineering, Vol. 27, 1-4, pp 185-188, (1994).

SAGE, A.P., *Decision Support Systems Engineering*, John Wiley & Sons (1991).

SILVER, E.A. & R. PETERSON, *Decision System for Inventory Management and Production Planning 2/E*, John Wiley and Sons (1985).

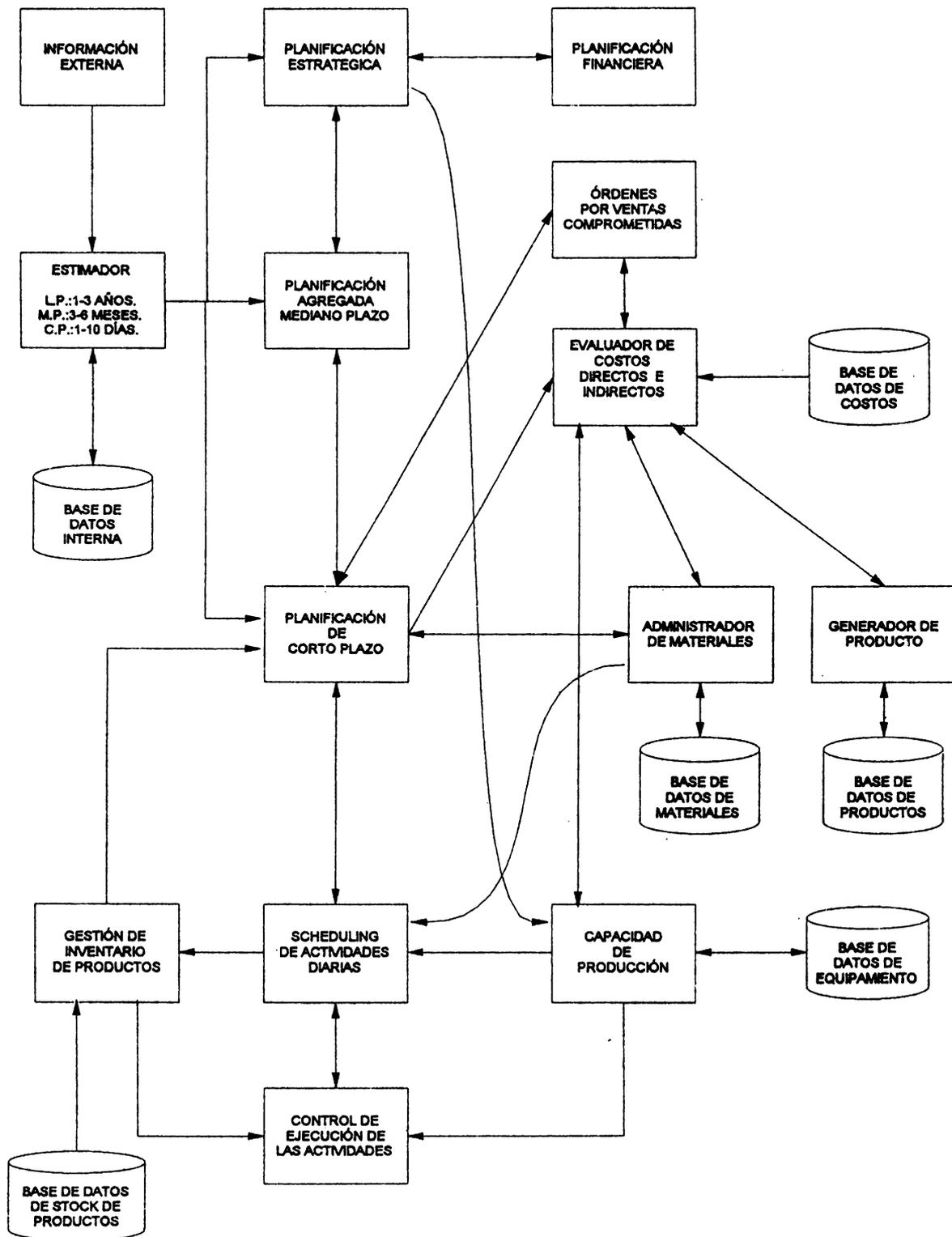


Figura 1.