

UN MODELO DE OBJETOS PARA BILLS OF MATERIALS COMPLEJOS

Marcela Vegetti‡, Gabriela Henning†, Horacio Leone‡

†INTEC, Güemes 3450, 3000 - Santa Fe, Argentina. ghenning@intec.unl.edu.ar

‡INGAR/UTN, Avellaneda 3657,3000-Santa Fe, Argentina. mvegetti@ceride.gov.ar, hleone@ceride.gov.ar

Introducción

Las empresas de producción industrial actualmente se desenvuelven en un contexto que les exige incrementar su competitividad constantemente. Una de las estrategias empleadas con este fin es el aumentar lo máximo posible los niveles de integración entre todas las actividades que ellas desarrollan, tanto de gestión administrativa como de producción de bienes físicos, lo cual en gran medida implica compartir información y automatizar operaciones. Internet es el más reciente capítulo en el camino hacia la automatización que comenzó por los años 60 con el CAD (Computer Aided Design), el MRP (Material Requirement Planning) y los primeros sistemas de inventario. Durante estas primeras etapas, la automatización afectaba sólo a áreas individuales de la empresa, no se incluían a las relaciones entre las unidades de negocios dentro de la misma compañía ni las relaciones hacia fuera, con clientes y proveedores. Posteriormente, el MRP evoluciona al MRP II que apunta a la planificación de todos los recursos de manufactura dentro de la empresa. El siguiente paso, el ERP (Enterprise Resource Planning), se centra en la integración de diferentes áreas de la organización, permitiendo que éstas tengan una visión integral de los distintos procesos intra-empresa. Recién, con el surgimiento de Internet, se hace posible a integración entre empresas. Internet al mismo tiempo que brinda a las empresas la capacidad de compartir información, las ha expuesto más que nunca a un contexto de creciente competitividad debido a su exposición a mercados globales.

Las empresas tuvieron que cambiar sus formas de organizarse y hacer negocios para poder adaptarse a los nuevos requerimientos: productos personalizados, con ciclos de vida más cortos, de menor costo y mayor calidad. Estos nuevos requerimientos, han ocasionado una explosión en la variedad de los productos, incorporando una exigencia nueva a los sistemas de automatización existentes.

Hoy en día, una empresa industrial debe ser lo suficientemente ágil para responder a los frecuentes cambios que le presenta el mercado respecto a la demanda de sus productos. Para lograr esto es importante que cada organización comparta un *modelo de producto* común que abarque todas las etapas del ciclo de vida del mismo.

En el presente trabajo, solo abordaremos el *modelo de producto* en lo que respecta al Bill of Materials (BOM). Se presentará una definición de BOM, los requerimientos de un BOM para dar soporte al nuevo contexto de producción y una primera aproximación de un modelo que de respuesta a estos requerimientos.

Definiciones y desafíos del Bill of Materials.

Una primera definición de BOM, sostiene que el Bill Of Materials es una lista estructurada de las partes que se utilizan para obtener un producto (Levy 1986). Gráficamente se representa con un grafo en el cual los nodos son las diferentes partes (productos terminados, semiensamblados, componentes y materias primas) y los arcos son las relaciones estructurales entre estas partes.

Reconocido desde hace tiempo como un bloque esencial en el éxito de los sistemas ERP, los modelos de BOM administran actualmente mucha más información que la de una simple estructura de producto (Bourke 2000). La nueva situación del mercado, hizo surgir nuevos enfoques de BOMs, como los propuestos por Scheer (1998), Van Veen y Wortmann (1999), Olsen y colab. (1997), Chung y Fisher (1994), Hvan y colab. (2003) entre otros, que presentan modelos para adaptar el BOM a las nuevas necesidades planteadas. Estos enfoques apuntan principalmente a resolver los problemas que ocasiona el manejo de múltiples variantes, es decir pequeñas modificaciones sobre una estructura de producto básica común. Pero hay muchos otros aspectos que deben ser tenidos en cuenta en una representación BOM para lograr una eficiente integración inter e intra-empresa:

- Representación de estructuras complejas de composición, descomposición e híbridas.
- Adecuado manejo de subproductos, coproductos y material scrap
- Manejo de los datos con mínima redundancia y rapidez en el acceso a la información.
- Integración de los diferentes tipos de BOMs existentes en la empresa.
- Representación de restricciones entre componentes
- Gestión de versiones de productos
- Incorporación no solo de componentes sino también otros recursos necesarios para la fabricación del producto.

Estructura del producto

Tradicionalmente, el BOM ha sido utilizado para representar de que forma un producto se componía de otras partes, las cuales podían ser materias primas o ensamblados intermedios que eran producidos en la organización (los cuales también tenían su representación BOM). Este modelo simple no permite representar el caso de aquellas industrias, en las que además de contar con productos con estructuras de composición, fabrican productos donde alguna de las partes se deriva de la descomposición de una (o más) materia prima no atómica. En este tipo de industrias (frigorífica, petroquímica, etc.) es necesario representar también estructuras de descomposición entre materias primas y sus derivados. Aquí un determinado producto, puede al mismo tiempo, formar parte de una estructura de composición y de una estructura de descomposición.

Como ya se dijo, un producto puede tener 1 o más estructuras. Dependiendo del producto de que se trate, una estructura puede ser:

- i) una composición: partes que se unen para fabricar un producto
- ii) una descomposición: derivados de una materia prima no atómica
- iii) una estructura simple: componentes o materias primas atómicas, que no se componen a partir de otras partes, ni se descompone en componentes derivados.

Modelo propuesto

El objetivo final es el desarrollo de un framework que permita derivar estructuras BOMs que cumplan con los requerimientos mencionados anteriormente. En este trabajo se describe un proyecto en desarrollo, por lo cual algunos de los requerimientos ya están cubiertos en el modelo actual, mientras que otros están siendo analizados para ir incorporándolos al modelo presentado de manera de ampliar su dominio de aplicación.

La propuesta tiene un enfoque orientado a objetos (Boosch y colab. 1999) y se enmarca dentro de los denominados BOMs generativos (Van Veen y Wortmann, 1992): aquellos en los que la estructura de cada variante particular no se almacena sino que se genera, a partir de una estructura base, en el momento en que se necesita

En la Fig. 1 se presenta en modelo inicial, en el cual la clase *Producto* representa la familia de productos (conjunto de productos con estructuras similares). La estructura de la familia esta dada por la clase *Estructura*, la cual se especializó en 3 subclases: *Composición*, *Descomposición* y *Simple*. Los dos primeros casos, tienen una relación de agregación con la clase *Producto* ya que ambos representan productos compuestos. Siguiendo esta relación es posible obtener los componentes o derivados de un producto.

Una estructura de composición, *Composición*, se relaciona con los productos que son partes componentes para la fabricación del mismo, mientras que una estructura de descomposición, *Descomposición*, agrupa a los productos que se obtienen como derivados de dicho producto.

Las asociaciones: “*Relación de composición*”, “*Relación de descomposición*” y “*Estructura de*” permiten representar la estructura base. Mientras que las “reglas” para generar la estructura de una determinada variante se describen a través de: “*Variante de*”, “*Modificación*” e “*Inclusión*”.

Otra problemática considerada es la representación de los coproductos y/o subproductos, es decir productos que se obtienen durante el proceso de fabricación de otro producto, y que poseen un valor

comercial equiparable (Clement y colab. 1992). Esta situación se está modelando mediante la relación ‘Deriva de’ que permite identificar en que *Estructura* de producción se obtiene una dada *Variante* como co-producto.

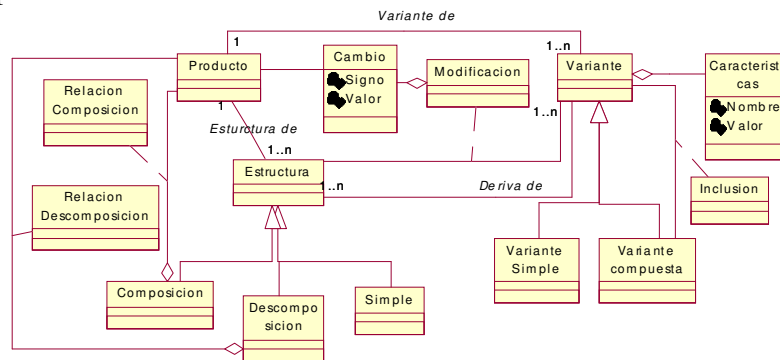


Figura 1: Modelo Propuesto

En los contextos productivos que se pretenden administrar se puede presentar el caso en que un mismo producto pueda ser parte al mismo tiempo de una relación de composición y de una de descomposición. Ya que puede ser un derivado de una materia prima no atómica, que se utilice en la fabricación de otro producto. En la Figura 2 se presenta un ejemplo de la industria frigorífica en el que el producto **Carne Dicing FCB29** es derivado de una de las estructuras del producto **Nalga Adentro CT (Nalga Ad CT1)**, y al mismo tiempo forma parte de la composición del producto **Dicing CEE**.

Variantes de producto

El modelo considera la existencia de productos similares, que tienen estructuras comunes. Este conjunto, recibe el nombre de *familia de productos* y un elemento particular del mismo se denomina *variante*.

Las diferencias que puede tener un integrante de una familia respecto de la estructura de la misma pueden dividirse en : i) variaciones en el BOM Básico por agregado o sustracción de alguna parte componente de la estructura base; ii) variaciones en los valores de los parámetros que caracterizan a las partes componentes de la estructura base y iii) variaciones en el número de veces que una parte está en la estructura de su padre.

Entre un producto (incluyendo su estructura) y sus variantes el modelo plantea 3 relaciones: i) “*Variante de*”; ii) “*Modificación*” y iii) “*Deriva de*” que se muestran en la figura 1.

La relación “*Variante de*” asocia un producto con sus variantes. La clase *Variante* se especializa en las clases *Variante simple* y *Variante compuesta* que representan las variaciones de un producto simple o de un producto compuesto respectivamente (aquel que tiene una estructura de composición o de descomposición).

La relación “*modificación*” está representada por la clase *Modificación* que agrupa un conjunto de cambios que pueden hacerse a una estructura para una variante dada. Estos cambios pueden ser: eliminación de todo o parte de un componente de la estructura o agregado de algún nuevo componente. El tipo de cambio y la cantidad de ese cambio están representados por los atributos *signo* y *valor* de la clase *cambio*.

En la Figura 2, se presenta una vista parcial del modelo aplicado a un pequeño caso que se presenta en la industria frigorífica. En el se observan las estructuras de composición, descomposición, y solamente 2 variantes de productos.

La relación “*Deriva de*” une la variante con una o más estructuras. Si se trata de una variante que se obtiene mediante una descomposición, la relación se establecerá entre dicha variante y la estructura de descomposición de la cual es hija (relación entre **V1 Ctro.Nalga Suiza** y **Nalga Ad ST** en el ejemplo). En cambio, si se trata de un producto que surge de una composición, la relación se establece entre la variante en cuestión y la estructura de la que es padre (relación entre **Caja Dicing CEE V1** y la estructura **Caja Dicing CEE** en el ejemplo).

En este ejemplo, el producto **Centro Nalga Suiza** puede obtenerse a partir de dos estructuras de descomposición posibles: i) a través de **Nalga Ad CT 1**, una de las estructuras de descomposición asociada al producto **Nalga Adentro CT** y ii) a través de **Nalga Ad ST**, estructura de descomposición del producto **Nalga Ad s/tapa**.

Si se tiene una variante del producto **Centro Nalga Suiza** que solo es posible si el producto se obtiene de la descomposición **Nalga Ad ST**, entonces se establece una relación “deriva de” entre esta instancia de descomposición y la instancia correspondiente a la variante en cuestión (**V1 Ctro. Nalga Suiza** en el ejemplo). Siguiendo esta relación, es posible obtener que productos son coproductos o subproductos de esta variante.

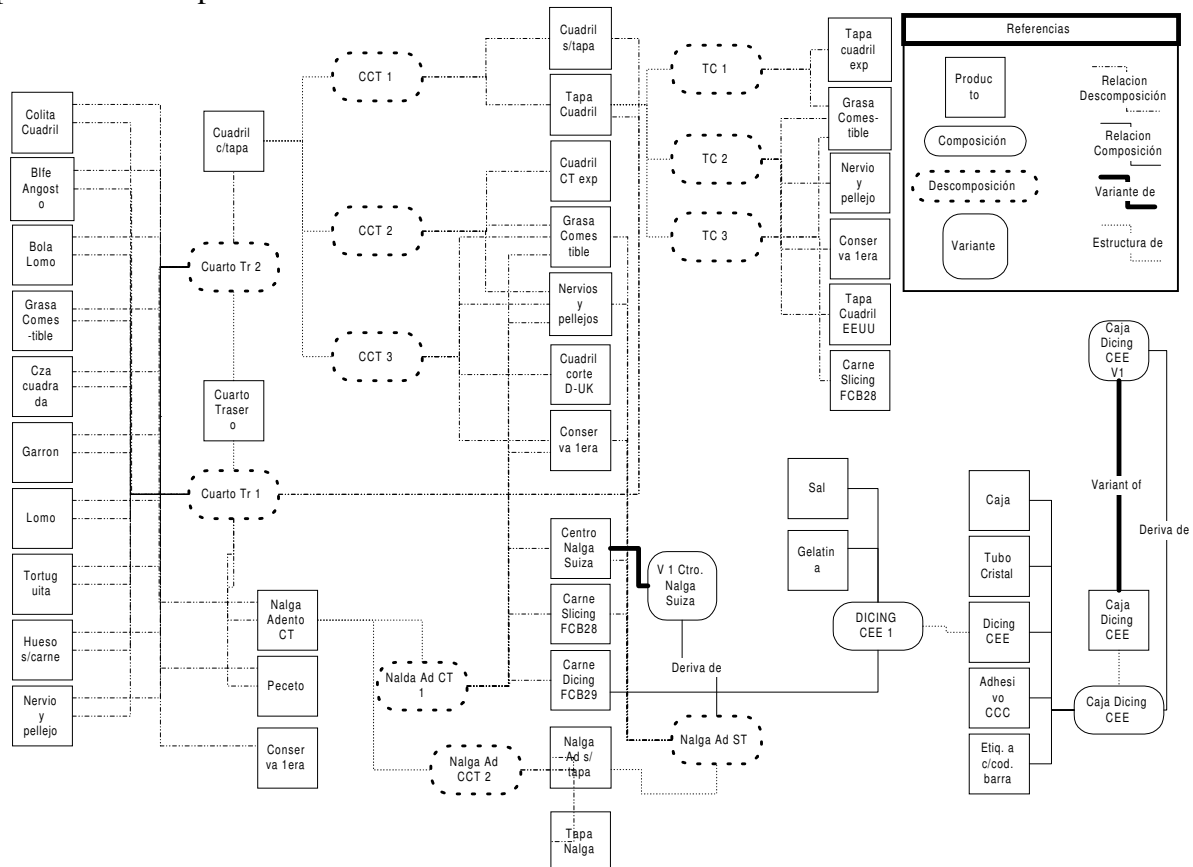


Figura 2: Modelo de objetos para la industria frigorífica

Restricciones

Otro aspecto importante a considerar es que en las relaciones de composición y descomposición planteadas anteriormente, no todas las combinaciones de partes son válidas, ya sea por razones tecnológicas o comerciales. Surge, entonces, la necesidad de tener un mecanismo que permita expresar qué restricciones existen entre las partes al momento de definir una estructura. Se pueden establecer dos grandes grupos de restricciones entre partes: de obligatoriedad y de incompatibilidad. Ambas deben definirse para poder lograr estructuras válidas, y según Olsen (1997), todas las restricciones deberían especificarse en la estructura genérica de manera de simplificar la especificación de una variante del producto.

Si bien esta característica no se describen en el modelo, se consideran que las restricciones que pueden existir se organizan en las siguientes categorías: i) *restricciones en la cantidad*, mínima o máxima cantidad en que una familia de producto puede ser parte componente del padre de la estructura en la que está la restricción; ii) restricciones de incompatibilidad o de obligatoriedad entre variantes de productos simples y iii) restricciones entre instancias de familias de producto.

Conclusiones y trabajos futuros

La definición de un modelo BOM es una tarea demasiado compleja y requiere de un continuo desarrollo y mejoramiento de los modelos existentes para ampliarlos, de manera de solucionar las limitaciones de éstos frente a las exigencias de las nuevas estrategias de producción.

El modelo de objetos propuesto, el cual deberá ser formalizado, contempla solo algunos de los aspectos cruciales que deben ser tenidos en cuenta en una representación BOM, a saber: manejo de variantes, de estructuras híbridas y de coproducto-subproducto intentando minimizar el volumen de información almacenado. Se continuará trabajando para incorporar al modelo, en primera instancia el manejo de restricciones y con posterioridad se analizarán y modelarán los aspectos relacionados con:

- **Diferentes tipos de BOM:** En el nuevo contexto de producción, el modelo de producto deberá soportar, la integración de toda la cadena de suministro. En esta cadena, a cada área involucrada le interesa ver al producto desde una perspectiva particular. Por ejemplo: mientras que a producción le interesa que de que manera ensamblar un producto, a planificación le interesan los posibles proveedores de la materia prima, sus precios y tiempos de entrega y al área de control de calidad le interesa que test aplicar a una materia prima en función del producto en el que participa. Se pretende desarrollar un modelo en el que cada área de la organización, tenga acceso a la información del BOM, desde una perspectiva diferenciada dentro de un modelo global.
- **Unificación BOM-Routing:** El routing detalla el método de manufactura de un ítem particular. Se especifica para cada nodo del BOM convencional e incluye las operaciones a llevar a cabo, su secuencia, los centros de trabajo involucrados, los tiempos de setup y producción. Tradicionalmente existe una separación en la estructura de datos del taller, un aspecto contiene la estructura del producto (BOM) y otro la ruta a seguir por cada componente del producto en su proceso de fabricación (routing).
- **Manejo de versiones:** con el tiempo las diferentes variantes de un producto (o el producto en si mismo) irá cambiando de acuerdo a lo que dicta la demanda de los clientes. Esta evolución histórica es lo que se conoce como “versión” de un producto. Este concepto deberá ser incorporado al modelo.

Referencias

- Booch, G., Rumbaugh, J y Iaconson, I. (1999) *The unified modeling language user guide*. Addison Wesley.
- Chung, Y. y G. Fischer. (1994) A Conceptual Structure and Issues for an Object Oriented Bill of Materials (BOM) Data Model. *Computers Ind. Engng.* 26, 321-339
- Clement, J. Coldrick A. And Sari, J. (1992) *Manufacturing Data Structures*. John Wiley & Sons.
- Hvan, L., y colab. (2003) CRC Cards for product modelling. *Computers in Industry*, vol. 50, 57-70.
- Levy, J. (1986) What is a Bill of Material? *Journal of The British Production and Inventory Control Society (BPICS)*. Octubre-Noviembre 1986.
- Olsen, y colab. (1997). A Procedure-Oriented Generic Bill of Materials. *Computers Ind. Engng.*, 32, 29-45.
- Scheer, A.W. (1998). *Business Process Engineering*. Springer-Verlag, Berlin- Heidelberg.
- Van Veen, E., Wortmann, J.(1992). Generative BOM processing systems. *Prod., Planning & Control*, 3,314-326.
- Vernadat, F.B. (1996) *Enterprise Modelling and Integration: principles and applications*. Chapman & Hall

Agradecimientos

Este trabajo es financiado en forma conjunta por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CONICET), la Universidad Tecnológica Nacional y la Universidad Nacional del Litoral. Se agradece el apoyo brindado por estas instituciones.