

LISTAS DE MATERIALES: PARAMETRIZACIÓN VS MODULARIZACIÓN.

Juan E. Pardo Froján; José A. Comesaña Benavides.
Universidad de Vigo.

RESUMEN:

Las empresas que fabrican/ensamblan sobre pedido/proyecto se caracterizan por una cantidad casi ilimitada de posibilidades en el producto final como consecuencia de las especificaciones particulares de cada pedido o de las combinaciones de los componentes básicos y módulos, situación ésta en el caso del empresas de ensamblaje bajo pedido. En estos casos la utilización de las listas de materiales tradicionales (fijas, modulares,...) se hace inapropiada para llevar a cabo las actividades relacionadas con la Gestión de la Producción, donde Listas de Materiales constituyen uno de los inputs básicos.

Ante esta problemática, este artículo pretende introducir un nuevo concepto de listas de materiales, basado en una parametrización abierta de los componentes de las mismas, que posibilite una generación dinámica y personalizada de las estructuras según las especificaciones establecidas en cada momento. Utilizando como base un ejemplo clásico, se analiza el alcance del concepto de parametrización frente a la modularización.

INTRODUCCIÓN

La utilización de las Listas de Materiales¹ para definir la estructura de un determinado producto es uno de los elementos básicos sobre el que se articulan los Sistemas de Gestión de la Producción que se apoyan en el uso del ordenador y que están basados en la utilización de técnicas MRP².

Tal como se recoge en los trabajos de Hal Mather³ y de Dave Garwood⁴, el papel de las listas de materiales ha cambiado sustancialmente en los últimos años, pasando de ser una representación del diseño de un producto, hasta nuestros días en que la información de los elementos de las listas se ha convertido en un *input* de vital importancia para los Sistemas de Planificación, Programación y Control de la Producción.

Si bien es cierto que la utilización de las Listas de Materiales ha supuesto un notable avance en este campo, no es menos cierto que en aquellas empresas cuya variedad de productos es muy heterogénea y dependiente de una diversidad de especificaciones o parámetros, como es el caso de las empresas que operan bajo pedido /proyecto (empresas de diseño, fabricación e instalación de ascensores, de instalaciones de frío, de fabricación de maquinaria a mediada, etc.), las listas de materiales tradicionales recogidas en la literatura técnica (fijas, modulares y sus variantes) presentan una excesiva rigidez que las hace inapropiadas.

Por otra parte, estos casos de personalización acentuada de los productos no se presentan de forma aislada, sino que se han convertido en la pauta común de comportamiento de las compañías. Se han invertido los papeles, ya no es el cliente el que espera por unos productos altamente estandarizados, como ocurría antaño, sino que es éste quien demanda productos cada vez más personalizados y sólo aquellas compañías con un sistema productivo flexible que les permita disponer de estos productos a medida y en el menor plazo de tiempo posible lograrán la supervivencia en un entorno altamente competitivo.

Ante esta problemática, este artículo pretende introducir un nuevo concepto de listas de materiales, basado en la parametrización abierta de los componentes de las mismas, que posibilite una generación dinámica y personalizada de las estructuras según las especificaciones establecidas en cada momento para los productos a partir de las necesidades de los clientes.

Este nuevo concepto implica la posibilidad de poder generar de forma dinámica una lista de materiales **a medida** y, de esta manera, poder contemplar la multitud de casos que pudieran presentarse en una empresa productiva.

¹Para su definición puede consultarse: The Official Dictionary of Production and Inventory Management. Terminology and Phrases, 9ª Edición, APICS, 1.998.

² Véase: Orlicky, J. "Material Requirements Planning" McGraw-Hill, New York, 1975.

Wight, O. W., MRP II: "Unlocking America's Productivity Potencial" Oliver Wight Publications, Willinston y CBI Publishing Company, Boston, 1981.

³Véase: Mather, H., Bills of Material, Dow Jones-Irwin, Homewood, Illimiois, 1.987.

⁴Véase: Garwood, D., Bills of Material: Structured for Excellence, Dogwood Publishing Company, Marietta, 1.993.

LISTAS DE MATERIALES PARAMETRIZABLES DE ESTRUCTURA DINÁMICA

En una primera aproximación podemos decir que, las listas de materiales que hemos denominado **Parametrizables de Estructura Dinámica**, son un tipo de listas que se generan dinámicamente a partir de la especificación de un conjunto de parámetros que recogen las características técnicas del producto/pedido/proyecto a fabricar y/o ensamblar.

La denominación de **listas parametrizables** hace referencia a dos aspectos fundamentales. En primer lugar, la estructura de los productos se establece a partir de los rasgos que caracterizan el sistema productivo (naturaleza de los productos, procesos, mercados, etc) mediante la utilización de un conjunto de variables o parámetros. El segundo aspecto se refiere al hecho de que el número de parámetros, cuya especificación permite la definición unívoca del producto, puede variarse para tener en cuenta los cambios producidos como consecuencia de modificaciones en el diseño, por la evolución de la tecnología,... Es decir, nos encontramos ante una **parametrización abierta**.

Por otra parte, la denominación de **listas de estructura dinámica** viene a hacer hincapié en la ausencia de una estructura fija anterior a la definición del producto, sino que es a partir de las especificaciones de los parámetros que caracterizan a los producto/proyectos cuando se origina la lista de materiales adaptada a cada caso particular.

Se trata pues de listas asociadas a cada necesidad específica que se presenta, cuando la naturaleza de la actividad que se desarrolla imposibilita el establecimiento de listas con una estructura determinada e invariable o por combinación de un conjunto de módulos estándar.

Entrando con mayor profundidad, como ya se señaló con anterioridad, las listas de materiales parametrizables de estructura dinámica se caracterizan por carecer de una estructura predefinida. La estructura de una lista se construye a partir del conjunto de fichas técnicas de la empresa, fichas en las que se recogen todas las especificaciones necesarios de los elementos (materias primas, subensamblajes, componentes, etc.) que se utilizan para obtener toda la diversidad de los productos que se pueden fabricar.

A diferencia de las fichas técnicas convencionales, asociadas a los distintos elementos de las listas de materiales, éstas llevan asociadas un conjunto de parámetros, con los posibles estados que pueden tomar, que permiten al sistema determinar cuando un elemento definido en una ficha técnica entra a formar parte de la estructura de un determinado producto. Dichos parámetros se establecen a partir de una relación o 'set'⁵, en donde cada ficha técnica es el propietario o 'padre'⁶ del conjunto de parámetros o 'hijos'⁷ asociados a la misma.

Otra de las diferencias es que el campo de la ficha técnica que recoge la cantidad en que participa un producto en la estructura no es ni de naturaleza numérica ni fijo, sino que es una expresión que, a través de un lenguaje de evaluación de fórmulas⁸, puede ser transformada en el correspondiente valor para cada situación particular. Las ventajas que sin duda esto representa son diversas, pero quizás uno de los aspectos más destacables sea la simplificación a la hora de establecer la nomenclatura de las fichas técnicas. De no existir esta posibilidad habría que definir tantas fichas como número de composiciones pudieran darse para un producto dentro de la estructura en las que podría entrar a formar parte.

Finalmente, nos encontramos con otra característica adicional. Cada ficha técnica, además de la descripción consustancial y relativa a cada referencia permite, mediante la utilización de un lenguaje simbólico⁹ de interpretación de expresiones, obtener una descripción o detalle personalizado extremadamente útil para ciertos aspectos en el proceso de gestión de la producción (P. ej. a efectos de indicaciones en las órdenes de fabricación, detalles explicativos del montaje, expedición, etc.), a partir de las especificaciones particulares de los parámetros inherentes a la ficha técnica.

⁵ Término que se emplea en los Sistemas Gestores de Bases de Datos para definir un vínculo o enlace e entre dos clases de registros a través de una propiedad que los relaciona.

⁶ Indica la clase o tipo de registro que se corresponde con la jerarquía de nivel superior en el seno de una relación o set.

⁷ Indica la clase o tipo de registro que se corresponde con la jerarquía de nivel inferior en el seno de una relación o set.

⁸ Este lenguaje es un elemento intrínseco a la naturaleza de las Listas de Materiales Parametrizables de Estructura Dinámica que emula el funcionamiento de una calculadora en el que, además, se han incorporado toda una serie de funciones matemáticas. Por la concepción en el desarrollo del lenguaje, éste es susceptible de ser ampliado mediante nuevas funciones que se precisen definir por requerimientos del sistema productivo.

⁹ Este es un lenguaje simbólico, intrínseco a la naturaleza de las Listas de Materiales Parametrizables de Estructura Dinámica, que interpreta el estado de los parámetros de las fichas técnicas para cada situación particular que se presente e incorpora la información adicional que sea oportuna a la lista de materiales. (Por ejemplo, el texto a grabar en una placa según el país, una instrucción sobre las particularidades en el montaje, etc.)

MODULARIZACIÓN VS PARAMETRIZACIÓN

Hasta el momento simplemente hemos esbozado la filosofía y sentado las bases de las listas de materiales parametrizables de estructura dinámica.

Llegados a este punto, una vez expuestos los fundamentos de las listas de materiales parametrizables de estructura dinámica, es conveniente hacer una serie de precisiones sobre los conceptos de modularización y parametrización asociados a las listas de materiales y, de esta manera, evitar cualquier confusión sobre las implicaciones y el alcance de las mismas.

En primer lugar señalar que tanto las listas de materiales modulares como las que en este artículo hemos llamado parametrizables, se basan en la existencia de un conjunto de características o parámetros que expresan las alternativas constructivas que condicionan la estructura de los productos. Así pues, bajo esta perspectiva (la utilización de características o parámetros), las listas de materiales parametrizables, aunque substancialmente diferentes, deben entenderse como una generalización y una ampliación de algunos de los fundamentos de las modulares.

No obstante esta complementariedad, ello no significa que no existan notables diferencias entre las mismas. En este sentido, la gran diferencia estriba en el alcance y en la utilización de los parámetros.

MODULARIZACIÓN

En las listas de materiales modulares las características o parámetros están implícitamente incluidos en la propia codificación de los módulos, pero no establecidos de una manera formal. Es decir, detrás de cada uno de los códigos asociados a los módulos se está haciendo referencia a unas determinadas característica que hace que todos los elementos participen de las mismas y por ello estén vinculados a dichos módulos. Con las listas parametrizables no es necesario definir módulo alguno, evitándose así la creación de estructuras y su correspondiente codificación. Es el propio sistema quien determina y relaciona los elementos que participan en la construcción de los productos. Para explicar las diferencias entre ambos conceptos tomaremos como punto de referencia un ejemplo clásico muy ilustrativo que se recoge en la obra de Orlicky¹⁰. Supongamos una empresa que se dedica a la fabricación de carretillas elevadoras y que ofrece que ofrece un producto diferenciado según diferentes alternativas en el tipo de tracción, dirección, motor, mástil, cabina, etc.

Para una mayor claridad, tendremos en cuenta solamente la tracción y la dirección como características para definir los distintos modelos. Así pues, atendiendo únicamente a la combinación de las variantes en la *dirección* y en la *tracción*, se obtienen los cuatro (2*2 =4) bloques (12-4010, 12-4020, 12-4030 y 12-4040) que se muestran la figura 1.

FIGURA 1

T. SIMPLE D. MECÁNICA	T. SIMPLE D. ASISTIDA	T. INTEGRAL D. MECÁNICA	T. INTEGRAL D. ASISTIDA
12-4010	12-4020	12-4030	12-4040
A13	A13	A13	A13
C41	C41	D12	D12
L40	Z75	L40	Z75
B88	B62	B88	B62
F28	F28	F28	F28
E10	G53	E10	G53
D14	H23	J39	N44

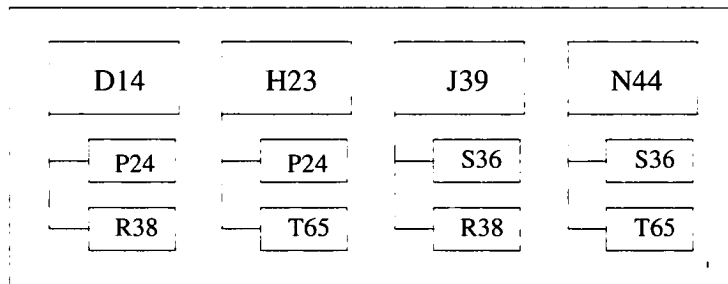
El proceso de modularización supone tener en cuenta una serie de características o parámetros - en nuestro ejemplo la dirección y la tracción- cuyas variantes (dirección asistida-dirección mecánica y tracción simple-tracción integral) condicionan la configuración de los diferentes módulos para de esta manera proceder a la descomposición de los grupos establecidos.

¹⁰ Este ejemplo pueden encontrarse en la obra: Orlicky, J., Material Requirements Planning, McGraw-Hill, New York, 1.975.

Aquellos elementos que son comunes se agrupan en un módulo que estará presente en la fabricación de todos los productos, como es el caso de las referencias **A13** y **F28**.

Recordemos que para aquellos elementos que no es posible asignar a ninguno de los grupos, es necesario ir más allá en la lista de materiales, tal como se muestra en la figura 2 para los elementos **D14**, **H23**, **J39** y **N44**.

FIGURA 2



Finalmente, los elementos que tras el barrido de los diferentes niveles de las listas no han podido asociarse a ningún bloque, deben ser tratados de manera particular en cada uno de los casos.

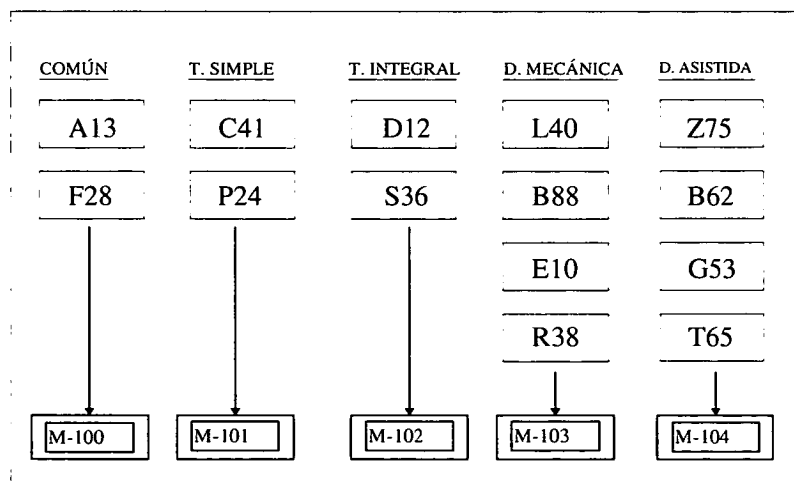
Precisamente en esta circunstancia radica una de las principales limitaciones de la modularización puesto que asocia los elementos según una determinada característica. Sin embargo, máxime teniendo en cuenta la gran flexibilidad que se exige a los sistemas productivos hoy en día, es muy habitual que un elemento no dependa únicamente de una característica o parámetro sino de una diversidad, lo que obligaría a considerar una cantidad de combinaciones que no serían manejables, con la consiguiente pérdida de operatividad de las mismas en el proceso de gestión. Además de la sencillez debe resaltarse también el ahorro del espacio de almacenamiento requerido por el sistema.

Así pues, podemos resumir diciendo que en la modularización el punto de referencia son unas características o parámetros, cuya definición no está establecida de una manera formal, que definen un conjunto de grupos a partir de los cuales se establecen los diferentes módulos del sistema. En el ejemplo simplificado de las carretillas elevadoras estos grupos son:

- Común
- Dirección mecánica
- Dirección asistida
- Tracción simple
- Tracción integral

De acuerdo con estos grupos y siguiendo el proceso de modularización se establecen los módulos que se recogen en la figura 3.

FIGURA 3



Una vez creados los módulos es necesario identificarlos de manera inequívoca con un código. En este ejemplo obtendríamos los siguientes módulos: M-100, M-101, M-102, M-103 y M-104.

Esta característica es otro de los factores que le confieren una gran rigidez y hace de la codificación un elemento indispensable para establecer los módulos, lo que en algunos casos puede resultar extremadamente complejo. Además, puede resultar poco intuitivo al tener que conocerse que se encierra detrás de cada código.

Si bien la modularización puede suponer grandes ventajas en aquellos casos en los que con un número reducido de parámetros es posible establecer todos los módulos que afectarían a la construcción de los productos finales. Sin embargo en aquellas otras situaciones en las que el número de parámetros puede resultar elevado y la definición de los módulos, además de compleja, puede que no sea capaz de contemplar todos los casos, la parametrización solventa dicho problema al no ser necesario realizar ningún proceso de modularización, encargándose **el propio sistema de forma automática** de establecer los vínculos que, en cada caso, son necesarios para obtener la configuración del producto final.

PARAMETRIZACIÓN

Cuando se habla de las listas parametrizables de estructura dinámica, se está haciendo referencia a un conjunto de parámetros *formalmente establecidos y definidos* y que, por tanto, tienen una existencia real expresada a través de una nomenclatura mediante la cual se identifican en el sistema.

Para que resulte más clara la diferencia entre ambos conceptos vamos a considerar el mismo ejemplo de las carretillas elevadoras, pero ahora desde la perspectiva de la parametrización.

En primer lugar definiríamos la tabla de parámetros con su correspondiente codificación como se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1

PARÁMETRO / VARIANTES	TRACCIÓN	Cód.:T	DIRECCIÓN	Cód.:D
	SIMPLE	Cód.:TS	MECÁNICA	Cód.:DM
	INTEGRAN	Cód.:TI	ASISTIDA	Cód.:DA

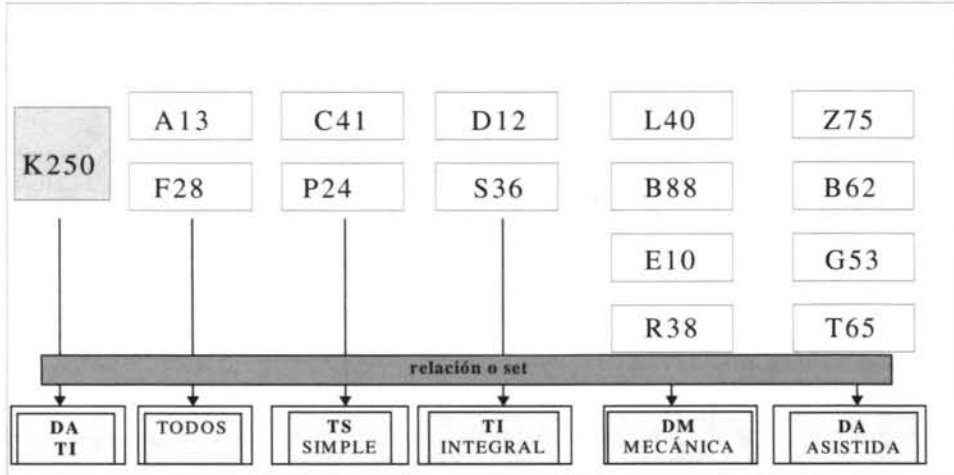
La existencia de estos parámetros, que son clave para poder llevar a cabo con posterioridad el proceso de generación de las listas de materiales por el que se establece la estructura de los productos, también posibilita su utilización para cualquier otro aspecto involucrado en el proceso productivo que se vea afectado por los mismos .

Siguiendo con el proceso de parametrización, la gran diferencia radica en que, en éste, el punto de referencia son los ítems, subconjuntos, etc., los cuales están caracterizados, mediante **relaciones** o 'sets', con las condiciones que afectan a su participación en la estructura de un determinado producto, asignándole los parámetros correspondientes.

En el caso de nuestro ejemplo en lugar de los bloques definiríamos las relaciones asociadas a cada elemento obteniéndose la caracterización de todos los ítems tal y como se muestra en la figura 5.

Nótese que aunque en este ejemplo sencillo la mayor parte de los elementos solamente depende de una característica o propiedad, es posible asignarle a los mismos una combinación de todas ellas. Por tanto, en ningún caso un elemento quedaría sin caracterizar, como ocurría en la modularización en la que había elementos que no era posible asignar a los módulos y debían ser tratados de forma particular, aumentando de esta manera la complejidad del proceso de gestión. Por ejemplo pensemos en un elemento como el **K-250** que se monta en las carretillas que llevan dirección asistida y tracción integral. De acuerdo con el proceso de modularización este elemento tendría que ser tratado de forma particular por el responsable de gestionar el sistema. Esto no ocurre con la parametrización ya que lo podemos caracterizar fácilmente como se observa en la figura 4.

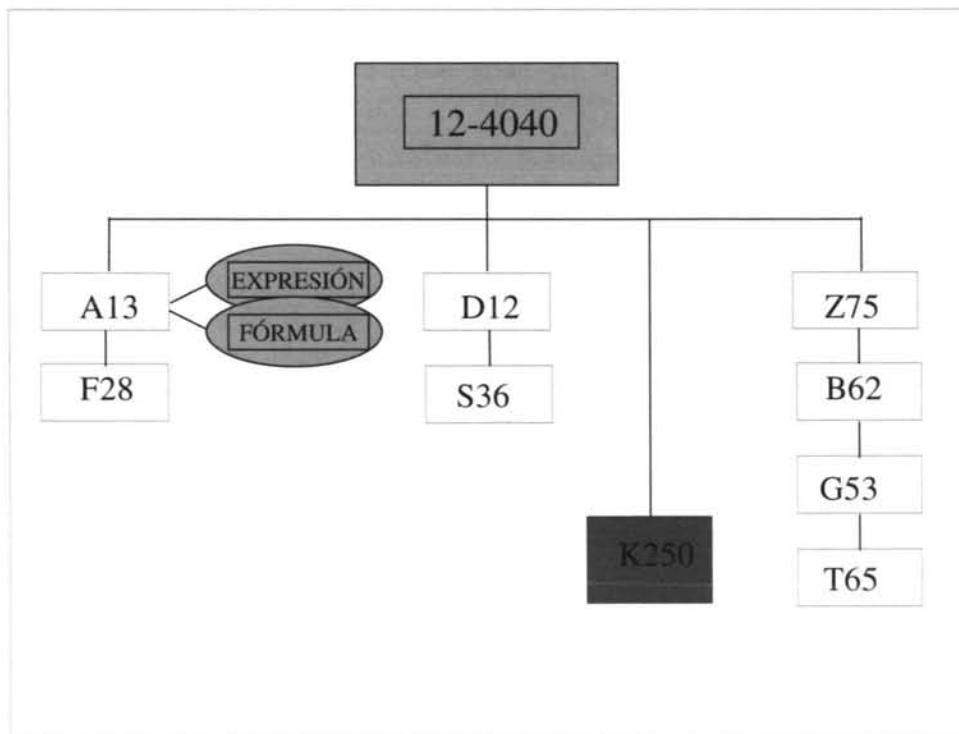
FIGURA 4



Por otra parte, en la parametrización la codificación resulta mucho más sencilla, transparente e intuitiva al poder recoger y visualizar las características de cada referencia mediante la utilización explícita de los propios parámetros. Nótese que no sería necesario establecer ningún módulo, evitándose el trabajo de definir todos y cada uno de los módulos y asignarle el código correspondiente.

Supongamos ahora que deseamos llevar a cabo la producción del producto final **12-4040** que lleva *dirección asistida* y *tracción integral*. Mientras que con la modularización es necesario indicar la presencia de los módulos M-100, M-102, M-104 y tratar de forma separada y caso por caso todos aquellos elementos, como ocurre con el **K-250**, que no se han podido asignar a ningún módulo; el proceso de parametrización asigna **automáticamente**, mediante **el motor de generación**, los elementos necesarios, sin excepción alguna, obteniéndose así una estructura como la que se muestra en la figura 5.

FIGURA 5



Además debe tenerse en cuenta que, al disponer de un lenguaje de interpretación de expresiones, la descripción de los distintos elementos de las listas pueden completarse y particularizarse para cada caso

concreto que se presente, de manera automática, evitando reiteraciones innecesarias para un mismo elemento que presente diversas peculiaridades según el producto en el que se incluya.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que si fuera necesario incluir un nuevo parámetro por la ampliación de modelos o por cualquier otra circunstancia, en el proceso de modularización habría que realizar la revisión de todos los módulos que se viesan afectados. En las listas parametrizables solamente ha de procederse a la inclusión de la característica en los elementos que estén afectados por la misma, sin necesidad de llevar a cabo en ningún caso la reconstrucción de estructuras.

Otra de las grandes diferencias radica en la determinación de la cantidad o participación de cada uno de los elementos. Mientras que en las modulares es necesario considerar todas las situaciones en las que un determinado elemento participa con diferente cantidad, bajo la concepción de las listas parametrizables de estructura dinámica, el elemento se asignaría una sola vez y, a través del evaluador de fórmulas, se establecería en cada caso la cantidad necesaria para dicho elemento.

Volvamos al caso de las carretillas elevadoras y supongamos que ahora el elemento **A13**, que es común a todos los modelos, sigue manteniéndose en los mismos pero para cada modelo entra a formar parte con una cantidad distinta. En este caso, bajo la modularización habría que proceder a la reestructuración de los módulos eliminando dicho elemento del común e incorporarlo en cada uno de los restantes módulos con la cantidad correspondiente. Sin embargo con la parametrización esto se evitaría, pues utilizando una expresión o fórmula como se muestra a continuación:

Si tracción==integral?(cant1): si dirección==asistida?(cant2):...

el propio sistema determinaría de forma automática la cantidad a incluir del ítem en cada caso, tras interpretar la fórmula.

Por último señalar que el proceso de parametrización resulta más intuitivo y sencillo, pues a medida que se van estableciendo las fichas técnicas de los distintos productos, a la misma se le asocian, a través de las relaciones o sets que se hayan definido, las características que lo identifican y que permiten saber al sistema en los productos en los que debe incluirse. Además, las fichas técnicas incluyen las fórmulas y observaciones por las que se regirá la inclusión del ítem en las estructuras.

Para cerrar, señalar que las listas parametrizables de estructura dinámica presentan la máxima flexibilidad al no tener que establecer ninguna estructura aunque, como ya se dijo con anterioridad, puedan coexistir con listas fijas y con módulos. Es el propio sistema, una vez establecidas todas las condiciones que lo caracterizan, es quien dinámica y automáticamente establece los vínculos de las estructuras para obtener los productos finales.

BIBLIOGRAFÍA

- EDELMAN, M. P., "MODULARIZING BILLS OF MATERIAL", APICS, 33RD INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDINGS, NEW ORLEANS, OCT. 1.990, PP. 448-450.
- GARWOOD, D., BILLS OF MATERIAL: STRUCTURED FOR EXCELLENCE, DOGWOOD PUBLISHING COMPANY, MARIETTA, 1.993.
- MATHER, H., BILLS OF MATERIAL, DOW JONES-IRWIN, HOMEWOOD, ILLINOIS, 1.987.
- ORLICKY, J. "MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING" MCGRAW-HILL, NEW YORK, 1975.
- TERSINE, R.J., PRODUCTION/OPERATIONS MANAGEMENT: CONCEPTS, STRUCTURE & ANALYSIS, NORTH-HOLLAND, 1.985.
- THE OFFICIAL DICTIONARY OF PRODUCTION AND INVENTORY MANAGEMENT. TERMINOLOGY AND PHRASES, 9ª EDICIÓN, APICS, 1.998
- VOLLMAN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C., SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA FABRICACIÓN, IRWIN, 1.995.
- WIGHT, O. W., MRP II: "UNLOCKING AMERICA'S PRODUCTIVITY POTENCIAL" OLIVER WIGHT PUBLICATIONS, WILLINSTON Y CBI PUBLISHING COMPANY, BOSTON, 1981.