
3.-CONSIDERACIONES DE DISEÑO

La organización fractal plantea varios retos de diseño. Se tiene que decidir como procesar los productos a través de máquinas particulares en el taller de trabajo. Esto se denomina problema de asignación de flujo. Mientras que este problema es un detalle casual en las organizaciones por producto, no es trivial en el diseño de célula fractal. Además el problema de la distribución de proceso dentro de las células fractales y el problema de la distribución de células con relación al anterior son más difíciles debido a la variedad de procesos presente en la célula y principalmente por el hecho de que estas no son independientes. De allí, que el desarrollo de distribuciones inter e intra células necesite de un esfuerzo coordinado de diseño que se enfoque hacia los puntos medulares en el diseño de célula fractal, planeación de la capacidad, creación de células, asignación de productos, distribución de células y distribución global.

El contexto para esta discusión es el ejemplo presentado por Co y Araar (1988) quienes desarrollaron una metodología para configurar sistemas celulares de manufactura. Así mismo, todas las ideas en su escrito fueron probadas también en otros seis casos los cuales aparecen en la tabla 1. El número de réplicas de estaciones de trabajo aparecen en el cuadro 1 como rango debido a que son función del tipo de distribución que se tenga en el taller: proceso, grupo, fractal u holográfico. El caso 6 es un caso industrial real adaptado para mantener la confidencialidad. El resto fueron tomados de la bibliografía. Se seleccionaron en base a su composición, representación y conveniencia. Los casos 1,2,3,5 y 6 son más o menos talleres de trabajos clásicos donde los productos tienen una gran diversidad de recorrido, el caso 4 es más de taller de flujo. En el caso 7, todos los productos visitan todos los tipos de estaciones de trabajo, haciendo la organización de grupo más difícil.

No	CASO	TIPO	NUMERO DE		
			PRODUCTOS	PROCESOS	REPLICAS
1	CO Y ARAAR (1988)	TALLER DE TRABAJO	15	10	29-64
2	MORRIS Y TRESTINE (1990)	TALLER DE TRABAJO	40	8	30-44
3	VAKHARIA Y WEMMERLOV (1990)	TALLER DE TRABAJO	21	12	20-29
4	HAM (1982)	TALLER DE FLUJO	20	5	13-17
5	SONG Y HITOMI (1992)	TALLER DE TRABAJO	22	6	16-20
6	MOODIE (1993)	TALLER DE TRABAJO	31	9	26-36
7	FISHER Y THOMPSON (1963)	TALLER DE TRABAJO	10	10	44-56

Tabla 1. Lista de los casos analizados

3.1.- PLANEACION DE CAPACIDAD

Se necesita saber el número y tipo de estaciones de trabajo que deben estar disponibles. Para los sistemas de manufactura esto puede ser un asunto bastante delicado pero se restringirá a una estrategia que es sencilla: emplear capacidades cercanas a las demandadas para la implementación de la distribución funcional, ya que la distribución funcional es la organización de talleres de trabajo que se considera que posee la más alta utilización de equipo, por lo tanto, es la que dictamina la capacidad mínima. Esto es cierto por la conjunción que toma lugar en los departamentos de proceso, permitiendo una mejor planeación y utilización de recursos.

El modelo general regularmente citado en la literatura está basado en horas disponibles y horas requeridas como se muestra en la siguiente relación.

$$N_t = \left\{ \frac{\sum_{j \in t} D_{jA_T}}{M_t} \right\}$$

donde:

(*)= El número entero más cercano a *

N_t = Número de estaciones de trabajo requeridas de tipo t;

D_j = Demanda del producto j;

A_{jt} = Horas de máquinas tipo t usados por una unidad de producto tipo j;

M_t = Horas de trabajo disponibles en una máquina de tipo t durante el período de demanda.

La relación presentada arriba es la relación de horas máquina requeridas a las horas máquina disponible. Con referencia al ejemplo de Co y Araar (1988), el modelo se traduce en 4 replicas de la estación de trabajo 7, 2 replicas de la estación de trabajo 9 y 3 replicas de todo lo demás, implicando un total de 30 estaciones de trabajo. Los cálculos se presentan en la tabla 2. Este es desde el punto de vista de máquinas requeridas de cada tipo; los valores obtenidos facilitan la creación de células fractales, pero esto no siempre ocurre.

Mientras que el modelo es muy sencillo, este denota el principio del proceso de la planeación de la capacidad y se utilizará para el trabajo computacional relacionado con esta investigación. Los resultados reales de capacidad, como siempre surgen también de los parámetros operacionales tales como los costos de adquisición e instalación de máquinas, índice de fallas, porcentaje de averías, flexibilidad de las máquinas y preparativos en que se incurre.

TIPO DE MAQUINA	HORAS REQUERIDAS ($\sum_i D_i A_i$)	HORAS DISPONIBLES (M)	REPLICAS REQUERIDOS (N _r)
1	2972	1125	3
2	2829	1397	3
3	3276	1344	3
4	2649	1230	3
5	3328	1329	3
6	2164	930	3
7	3124	900	4
8	3652	1629	3
9	2676	1440	2
10	2808	1133	3

Tabla 2 Valores en análisis de la capacidad

Es frecuente la toma de decisiones estratégicas e implementaciones de GT, tales como el adquirir máquinas adicionales para reducir transferencias intercelulares. Esta estrategia también se aplica a la distribución fractal. En las distribuciones fractales encontramos la relación presentada en la Fig. 2. Estamos en el proceso de desarrollar un modelo de capacidad basado en la información del proceso, capacidades de las máquinas, mezcla de productos y tiempo de respuesta del producto para células en sistemas celulares tales como la distribución de grupo y la distribución fractal. Integrar este modelo dentro de una estrategia de diseño de fábrica es una tarea desafiante para la cual no se conocen respuestas fáciles.

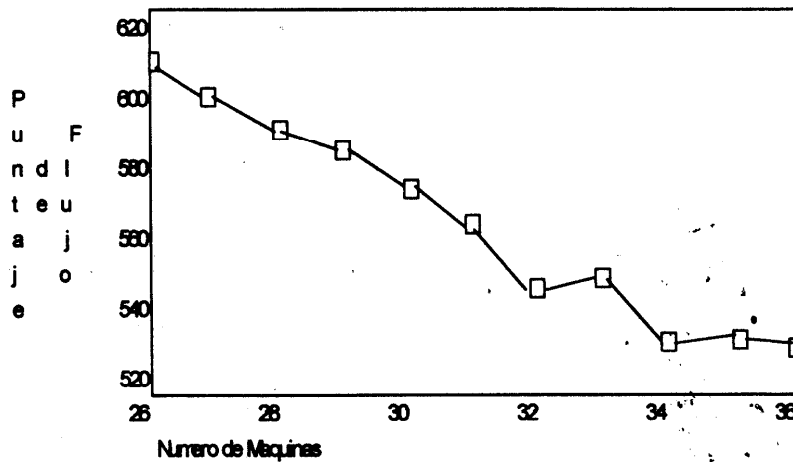


Fig. 2 Efecto de replicar las maquinas

3.2.- CREACION DE CELULAS

La pregunta básica aquí es la de distribuir las replicas de las estaciones de trabajo a las células de una manera apropiada a la filosofía fractal expuesta. Bajo la organización fractal, las capacidades de proceso están distribuidas igualmente a través de las células, de ahí que es necesario enfatizar que la perspectiva aquí es diferente del diseño de grupo en el cual el agrupamiento de células es orientado hacia el producto, se basa en un minucioso análisis de los recorridos del producto.

Un diseño natural para un sistema fractal de células en el ejemplo de Co y Araar (1988) sería uno con tres células. Hay dos razones para esto. Primero, el número promedio de estaciones de trabajo de cada tipo es aproximadamente 3. Segunda, esta opción lleva a una población de células de 10 estaciones de trabajo, la cual está dentro de un estándar tratable de 5 a 10 máquinas

en un célula. No se está necesariamente limitados a las 30 estaciones de trabajo planeadas. Como ya se mencionó, el agregar unas pocas de estaciones de trabajo, puede aliviar la congestión y mejorar la eficiencia del flujo. En un caso como este, dos de muchas alternativas son:

1.- Asignar una estación de trabajo de cada tipo (otra 7 ó 9) a las 3 células. Una de las células puede ser asignada a la estación de trabajo extra de tipo 7, o de lo contrario, no contener ninguna estación de trabajo de tipo 9;

2.- Hacer la provisión para dos estaciones de trabajo de tipo 7 adicionales y una estación de trabajo adicional de tipo 9. Entonces distribuir las estaciones de trabajo por igual a través de las células.

En algunos de los otros casos se encontró que el proceso de creación de células fue más difícil, especialmente con la ausencia de información detallada del costo. Las células fueron creadas en base a la información en la tabla 3.

En ese cuadro, un valor de (3,2,2,2,4) en la columna concerniente a la cadena de requerimientos de cada tipo implica que se necesitan tres replicas de la máquina tipo 1,2 de la máquina tipo 2,2 de la máquina tipo 3 y así sucesivamente. Reconociendo que una minuciosa investigación del proceso de creación de la célula está fuera de alcance del estudio actual, se intentó más de una manera de crear células fractales cuando fue posible, y se capturaron aquellas que produjeron las mejores puntuaciones de flujo. El término puntuaciones de flujo aquí se refiere a una medida de manejo de material estimada como una función de frecuencia y distancia recorrida.

Caso	Tipos de Maquinas	Cadena de red por tipo	Numero de fractales elegidas	Total de replicas
1	10	3,3,3,3,3,4,3,2,3	3	3
2	8	4,4,4,4,4,3,3	4	2
3	12	1,1,1,2,1,2,3,1,1,3,3,1	2	0
4	5	3,2,2,2,4	4	3
5	7	4,4,3,3,1,1,4	3	0
6	9	2,5,2,2,4,2,2,2,3	3	6
7	10	4,5,5,5,5,4,4,4,4,4	4	0

Tabla 3 Creación de células por caso

A continuación se discutirán dos casos del cuadro 3 para destacar como se puede proceder con este tipo de información:

1.- En el caso 5 las máquinas tipo 5 y 6 tenían solo una replica en un diseño tri-fractal. Estos duplicados fueron entonces asignados arbitrariamente a la célula fractal 3. Cuando se desarrolló las distribuciones de procesamiento fractal, se encontró que la máquina tipo 5 no era crítica, y su único duplicado gravitaba hacia la periferia en la distribución desarrollada, mientras que la máquina 6 era más crítica y fue atraída hacia el centro de la distribución.

2.- En el caso 6, al elegir seis máquinas adicionales fuimos capaces de obtener (3,6,3,3,4,3,3,4) como el número de máquinas de cada tipo, esto fue fácilmente divisible en tres células como los número 3 y 6 son divisibles por tres. En cuanto a las máquinas tipo 5 y 8 las cuales tenían cuatro replicas, la tercera célula fue asignada al duplicado extra en el proceso de localización.

Otro aspecto que se debe considerar es la tendencia entre tener muchas células o el de tener muy pocas. En un extremo el taller de trabajo completo puede verse como una sola célula

aunque esto es difícil. Las células grandes también pierden significado porque en la práctica los talleres de trabajo pueden tener más de sesenta o setenta máquinas. Por otra parte, no es deseable el tener demasiadas células fractales. Si las células son muy pequeñas en tamaño, pudieran no representar adecuadamente el taller de trabajo.

Finalmente, el exceso de capacidad debido al redondeo del número de replicas necesarias en cada célula deberá minimizarse, cuando se trabaje con máquinas costosas.

Una de las ventajas de la distribución fractal es que las máquinas pueden ser compartidas entre las células, haciendo un esfuerzo opcional para la duplicidad. Si por ejemplo se necesitan 1.98 replicas en total en una distribución tricelular, el número promedio requerido por célula es de 0.66, y teniendo un duplicado en cada célula no resulta en tanta duplicidad como en la misma solución aplicada a una situación donde se necesita un total de 1.5 duplicados.

Para concluir en forma parcial, las células fractales no se proponen para ser entidades que se contengan a sí mismas. De hecho, lo racional es lograr una dispersión espacial de máquinas reconociendo el recorrido de las partes. Como resultado no se espera que las pequeñas variaciones en la máquina para la asignación de la celda que alteren significativamente el funcionamiento o la apariencia del taller de trabajo, y deberán desarrollarse reglas empíricas para el proceso de la creación de células. En todos los casos de estudio, se trata de mantener un balance saludable entre la duplicidad y una buena definición fractal. Aunque el nivel de capacidad usado era por lo general un poco más elevado que en las implementaciones de la distribución del proceso, era usualmente mucho menor que en una distribución de grupo.

3.3.- ASIGNACION DE FLUJO

Considere la distribución en la fig. 3, donde la notación MT-N se refiere a N replicas de máquina tipo T. A partir de esta distribución se debe preguntar qué asignación de productos a las estaciones de trabajo minimizará el recorrido de flujo, si existen varios productos que deban ser procesados con un tipo específico de máquina, y con cierto recorrido de procesamiento. Suponemos que los flujos entre las estaciones de trabajo pasarán por sus centroides.

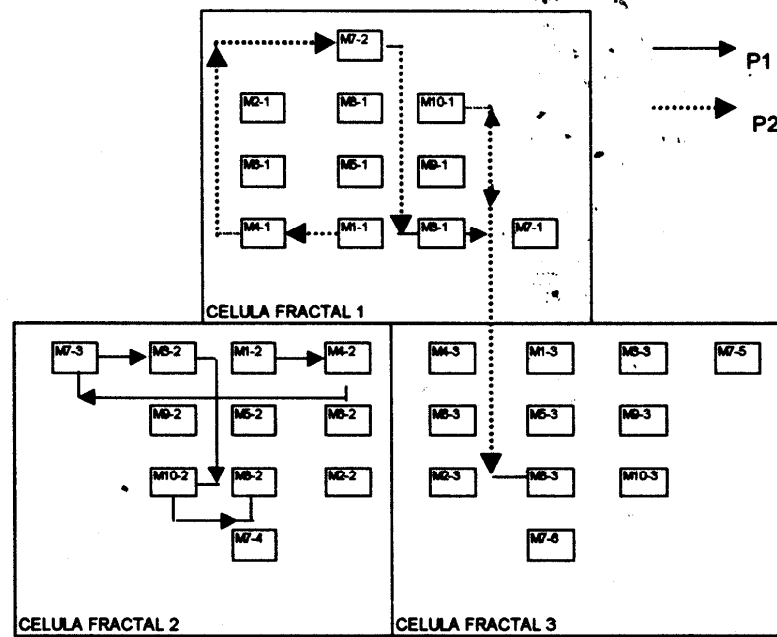


Fig. 3 Ejemplo de distribución fractal

Para cualquier distribución dada, existe una asignación de productos en las rutas de flujo que minimizan las distancias de recorrido. La única restricción es que la capacidad de la estación de

trabajo no debe excederse. Aún cuando las demandas de producto sean valores enteros, es muy práctico formular el problema como un programa lineal, cuya solución normalmente se da en resultados fraccionarios. La asignación de flujo puede presentarse en el siguiente modelo:

$$\text{Minimice } \sum_j \sum_k C_{jk} X_{jk}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_k X_{jk} \geq D_j \quad \forall j, \quad (1)$$

$$\sum_j \sum_k A_{jt} X_{jk} \leq M_t \quad \forall t, \quad (2)$$

$$X_{jk} \geq 0 \quad \forall j, \quad \forall k, \quad (3)$$

donde:

C_{jk} = distancia a través de la ruta K para el producto j ;

X_{jk} = cantidad de productos de tipo j que usan la ruta k ;

D_j = demanda del producto j ;

M_t = capacidad de la estación de trabajo de la replica t ;

A_{jt} = utilización de la replica t por una unidad de producto tipo j (tiempo de procesamiento)

$$A_{jt} = \begin{cases} A_{jt} & \text{si el recorrido } k \text{ usa la replica } t \text{ para el producto } j \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Lo anterior puede reconocerse como la formulación arco-ruta del modelo red de flujo de multiproductos (MCNF), una forma especial de programas lineales Hu, T.C.(1963). Observe que en este modelo, se reordenan todas las replicas desde 1...T, donde T representa el número

total de replicas en un taller fractal. El modelo permite compartir productos ya que no existen restricciones que señalen que todos los productos de un cierto tipo deban seguir un arco-ruta único. Ya que X_{jk} representa el flujo en la ruta k para el producto j, se puede decir que hay j veces k variables. Además, si cada producto tiene N_j etapas de procesamiento y si existen f_n estaciones de trabajo en cada una de estas etapas $n=1,2,\dots,N_j$, el número de rutas k para cada producto es $\prod_{n=1}^{N_j} f_n$, lo cual puede ser un numero muy grande.

Las variables X_{jk} representan rutas de principio a fin en el modelo MCNF. En la fig. 3, se muestran dos de esas rutas para el producto 1 del problema ejemplo. El primero de estas rutas, P1, representa una parte de la producción del producto 1, digamos 20 unidades, asignadas a la ruta; M1-1, M4-1, M7-2, M3-1, M10-1, M8-3. Un flujo de 20 unidades será creado entre cada par de estaciones de trabajo consecutiva en esta secuencia. Es obvio que la ruta P2 con la secuencia. M1-2, M4-2, M7-3, M3-2, M10-2, M8-2. Tiene menos recorrido, de allí que es preferible.

3.3.1.- METODO DE GENERACION EN COLUMNA

El modelo se resuelve usando la técnica modificada Ford-Fulkerson desarrollada por Tomlin (1966). La modificación resulta de una forma especial de la función objetivo. Se puede observar que el programa lineal tiene un gran número de columnas, y restricciones $J+W$, donde J es el número de productos y W es el número de estaciones de trabajo.

Se puede definir la matriz de incidencia del arco-cadena por:

$$L_{kt} = \begin{cases} 1 & \text{si la ruta para el producto } j \text{ utiliza la replica } t \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Entonces la función objetivo sería: $\sum_j \sum_k \sum_t C_{jkt} I_{jkt} X_{jkt}$. En esta suma, C_{jkt} es la distancia implicada en la transferencia del trabajo a la replica t desde su duplicado predecesor en la ruta k del producto j , de acuerdo con el requerimiento del recorrido del trabajo.

Ahora, suponiendo que se tiene una solución básica factible y los multiplicadores simplex u_1, u_2, \dots, u_j para el conjunto de restricciones 1 y los multiplicadores v_1, v_2, \dots, v_w para el conjunto 2.

Entonces la variable de ruta X_{jkt} se introducirá en la base si:

$$C_{jkt} - \sum_i v_i A_{jkt} - u_j \leq 0 \quad (5)$$

por ejemplo si:

$$\sum_i (C_{jkt} - v_i A_{jkt}) I_{jkt} - u_j \leq 0 \quad (6)$$

Un algoritmo de ruta corta para asignar costos $(C_{jkt} - v_i A_{jkt})$ a los nodos t puede ser usado para buscar las rutas k que satisfagan la condición anterior para el producto j , una vez que se obtenga una solución inicial básica factible (ver fig. 4). Encontrar una solución básica inicial es fácil, se puede escoger la ruta más corta para cada producto, y asignar tantas unidades de flujo a cada uno, como lo permita la restricción de capacidad. Un simple cálculo fue escrito para implementar este procedimiento. Cuando la ruta más corta para el producto j se ha obtenido durante cualquier interacción, esta identifica la variable X_{jkt} , para entrar en el modelo. La convención en nuestra implementación ha sido el resolver la red de ruta más corta para cada producto en cualquier iteración dada, y entonces introducir todo en un lote.

Si durante cualquier iteración la columna X_k hecha para encontrar la ruta más corta modificada para el producto j de la red, ya ha sido accesada ninguna columna se accesa.

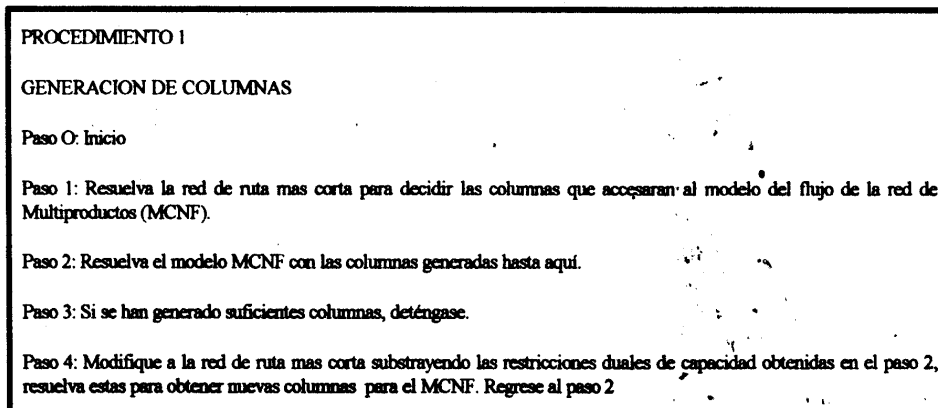


Fig. 4 Procedimiento 1: Generacion de columnas

Por lo tanto cuando la red de ruta más breve para todos los productos indica que no se han accesado nuevas columnas, no podemos proceder y por lo tanto debernos detenernos. Afortunadamente, cuando este punto es alcanzado, la solución al problema de asignación de flujo es óptima, aún si todas las columnas combinatorialmente posibles no han sido generadas. El proceso también se detiene si todas las columnas han sido enumeradas y accesadas. En este caso también, la solución encontrada es óptima. Así, en el paso 3 del procedimiento 1, se dice que han sido generadas suficientes columnas, si todas las columnas elegidas para acceso corresponden a columnas existentes en la formulación.

En las siguientes 3 sub-secciones, se resumirá como la asignación de flujo puede ser regulada a través del proceso de diseño ya sea para controlar (minimizar) las transferencias inter-células y/o controlar el proceso de división del trabajo entre células.

3.3.2.- CELULAS FRACTALES SIMILARES

Cuando las células son autónomas y los productos están bien distribuidos entre las células, podemos decir que estas son similares. Las distribuciones fractales de células similares poseen varias ventajas: facilidad de control, facilidad de expansión y flexibilidad en la operación. Por ejemplo, cuando ocurre un fallo en alguna de las células, los productos pueden ser redirigidos a otras células parecidas sin comprometer la eficiencia. Cuando la fábrica necesita expansión, la distribución celular básica puede ser simplemente replicada. Ahora se describirá el modelo de asignación de flujo mediante el uso de dos coeficientes para diseñar distribuciones de células fractales similares; cuando el modelo se usa sin ninguna intervención, existe la posibilidad de el programa lineal MCNF asigne una gran cantidad de flujo a las rutas que cruzan varias células.

La autonomía de la célula es la propiedad que indica si la célula tiene pocas o ninguna interacciones de flujo con otras. Esto es generalmente deseable porque la autonomía es el principal determinante de control. Se define el coeficiente de autonomía de la célula COCA como la fracción de flujo que ocurre completamente dentro de las células. Dichos flujos se denominarán flujos intracelulares. Observe que es posible definir un valor de COCA diferente para cada tipo de producto que visite el taller de trabajo fractal. El coeficiente de autonomía puede ser utilizado en el proceso de diseño para obtener diseños fractales con un alto grado de autonomía.

Una vez determinado el coeficiente de autonomía de la célula es posible distribuir los flujos entre las células. Definimos el coeficiente de variación celular (COCV) (un número entre 0 y 1) como una medida de distribución de flujos intracelulares a través de las células. Cuando el valor del coeficiente es pequeño digamos β , cada célula deberá ser asignada entre $(1-\beta)$ y $(1+\beta)$

veces el valor de flujo previsto.

Los coeficientes pueden ser usados efectivamente para dirigir el algoritmo de asignación al forzar las células a ser más independientes, o más parecidas unas a otras al agregar las restricciones siguientes al modelo MCNF básico:

$$\alpha(1 - \beta) \frac{D_j}{N} \leq \sum_{k \in f} X_{jk} \quad \forall j \text{ fractal } F \quad (7)$$

$$\alpha(1 + \beta) \frac{D_j}{N} \geq \sum_{k \in f} X_{jk} \quad \forall j \text{ fractal } F \quad (8)$$

Aquí, α es el coeficiente de autonomía de la célula (COCA) y β el coeficiente de variación de la célula (COCV), N indica el número de células fractales y las D_j s como antes representa la demanda de trabajo. En el caso de infactibilidad, necesitamos rehacer la planeación de capacidad y los pasos para la creación de células para que el programa lineal sea factible.

Ahora si por ejemplo ambos α y β son iguales a 1.0, todas las células pueden asignarse dondequiera desde 0 hasta 200% del flujo promedio intracelular. Cuando el coeficiente de autonomía se aproxime a 1.0 y el coeficiente de variación esta cerca al 0.0, los flujos son todos intracelular y las células deben estar en términos similares de lo que ellas procesan. Algunos resultados numéricos sobre el uso de estos coeficientes serán presentados en una sesión posterior usando cuatro diseño fractales posibles A, B, C, y D como se describe en la tabla 4. Las células son forzadas para ser cada vez más parecidas como se puede leer en el cuadro. El diseño A es el caso irrestricto (no se imponen requerimientos). En el diseño B la fracción de flujos intracelular es de 0.25 y el coeficiente de variación de la célula es de 0.75. Esto significa que el 25% de todas las asignaciones de flujo tienen que ser nada mas dentro de las células, y a cada célula le puede

ser asignada entre el 25 y el 175% de su porción prevista de esto. En el diseño D sin embargo, el 75% de los flujos tienen que ser contenidos tan solo en una u otra c elulas, y cada c elula debe obtener no menos del 75% y no m as del 125% de esto. Así, el diseño D es mucho m as restrictivo que el B.

DISEÑO FRACTAL	COEFICIENTE DE		NIVEL DE SIMILITUD
	AUTONOMÍA DE CELULA (a)	VARIACION DE CELULA (b)	
A	IRRESTRICTO	IRRESTRICTO	1
B	0.25	0.75	2
C	0.5	0.5	3
D	0.75	0.25	4

Tabla 4 Ejemplo de diseños fractales

El esquema de generación de columna ya descrito aún trabajar  con éstas las restricciones adicionales 7 y 8. Como antes, ahora se busca la ruta más corta la gráfica para cada producto. Previamente, el algoritmo de ruta mas corta estimó los costos $(C_{jt} - vA_{jt})$ a los nodos t en busca de acceder las rutas k que satisfagan la condición (5) para el producto j. Ahora se resta el valor variable obtenido de la primera de estas restricciones adicionales (serie 7) por cada ruta intracelular concerniente al producto fractal al revisar la condición (5). Así, cuando a una c elula no le ha sido asignado su meta en los flujos intracelulares, la distancia de la trayectoria de una ruta intracelular, será menor haciéndola más atractiva para acceder el programa lineal. El valor de la función objetivo de una asignación de flujo factible es claramente mayor cuando estas restricciones controladoras se introducen en el modelo.

3.4.- DISEÑO DE LA DISTRIBUCION CON BASE EN LA ASIGNACION DE FLUJO

Dada cualquier asignación de flujo al nivel del procesador, el interés es construir una

distribución que minimice el recorrido del flujo. Esto, junto con la restricción de que una réplica sea ubicado dentro de su célula fractal matriz, forman el parámetro básico del problema.

El problema de la distribución del procesador, es una cuestión del arreglo espacial de los procesadores en 2 dimensiones de manera que no se traslapen. El enfoque del problema ignora el diseño de espacios de pasillo, de almacenamiento, de oficinas, bancos de trabajo, etc. El número de procesadores en el taller de trabajo pueden ser tan grandes como 100 aunque en los casos de prueba no se encontraron problemas con más de 44 máquinas. Un procesador se considera como una entidad indivisible. Este puede representar a una sola réplica de una estación de trabajo, o a un centro de trabajo que contenga dos o tres replicas de estaciones de trabajo unidas a través de un mecanismo de manejo común. En ambos casos los flujos ocurren de procesador a procesador, a diferencia de cómo se presentan en la distribución de flujo.

3.4.1.- HEURISTICA MULTIFASE PARA DISTRIBUCION FRACTAL

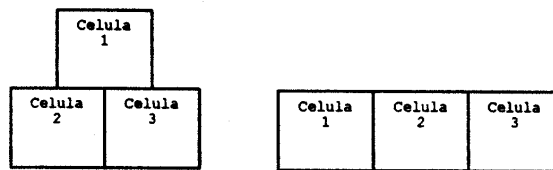
Se considera el problema de la distribución fractal en dos etapas distribución de células y distribución global, La distribución de células se refiere a como las réplicas se colocan dentro de las células. La distribución global se refiere a la distribución de las células en la planta. Se comenzará con una distribución global. El procedimiento básico seguido para la distribución global es:

- 1.- Las células son de forma rectangular y se sitúan una junto a otras de acuerdo al formato (dependiendo del número de células) como se muestra en la fig. 5. Esto a manera de ser descriptivo, no prescriptivo;
- 2.- Las células son lo bastante grandes como para acomodar todas las réplicas que la ocupan ;

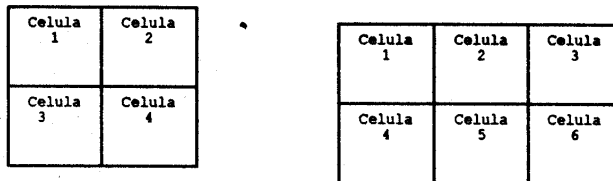
3.- Para que la distribución del piso sea rectangular el espacio asignado a la célula es igual que el espacio requerido por la célula;

4.- Para que la distribución del piso sea libremente formada el espacio de asignación a la célula es mucho mayor que el espacio requerido por la célula.

Habiendo obtenido un perfil de la distribución global, aplicamos una heurística basada en el método de intercambio para perfeccionar la distribución de los procesadores dentro de las células. Solo el intercambio entre pares de réplicas son considerados para mejorar la solución actual, reduciendo el tiempo computacional.



1.- Alternativa de 3 células



2.- Alternativa de 4 células

3: Alternativa de 6 células

Fig. 5 Formato para la distribución global

Los procesadores dentro de otras células que están temporalmente fijos mientras se

considera el intercambio de par correcto. El procedimiento del intercambio de par correcto es sensible a la distribución inicial, la cual frecuentemente resulta en una implementación que descomponen la óptima local.