

Evaluación de la Distancia Recorrida en el Proceso de Producción en Distribuciones Funcionales Disgregadas

Investigación

M. C. Manuel Navarro Velázquez Profesor Investigador del Departamento de Matemáticas y Física Universidad Autónoma de Aguascalientes, Edificio 26, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, Aguascalientes, Ags., C. P. 20100, Tel. (449) 9 10 84 11, mnavarro@correo.uaa.mx

M. C. Sergio Humberto Romo Picazo, M. C. Reyes Hernández Díaz
Profesores Investigadores del Departamento de Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Av. Adolfo López Mateos No. 1801 Ote. Fracc. Bona Gens
Aguascalientes, Ags., C. P. 20256, Tel (449) 9 10 5 0 02, shromopicazo@gmail.com

Resumen

Con esta investigación se da énfasis a tendencias en distribución en planta, la *Distribución Disgregada*. La Distancia rectilínea recorrida es variable esencial y se describe la evaluación de la distancia rectilínea recorrida en niveles de disgregación y variación de productos. El objetivo es identificar y medir la distancia de recorrido de los materiales. Se implicó búsqueda de información y se generó información para aplicar el método de simulación Monte Carlo; con Excel y paralelamente con WINQSB fueron diseñados escenarios con distribución funcional. Los datos obtenidos de distancia recorrida se sometieron al análisis estadístico de tipo paramétrico con Stats Graphics aplicando la prueba ANOVA. Con la información lograda a través del proceso de la investigación y la observación del comportamiento de los datos, la disgregación implicaba para cada escenario con distribución funcional una disminución de distancia rectilínea recorrida. Se corrobora la decisión de aceptar la hipótesis alternativa pues las variaciones en la disgregación provocaban una mejora en la disminución de la distancia rectilínea.

Palabras clave

Distancia rectilínea recorrida, *Distribución Disgregada*, Simulación Monte Carlo, grado de disgregación, demanda y variación de productos WINQSB, ANOVA

Abstract

This research emphasizing plant layout trends, specially on *distributed layout*. Rectilinear distance traveled is the essential variable that describes the gone over evaluation of the rectilinear distance in levels of disintegration and variation of products. The objective is identify and measure the traveled materials distance. Quest information was implied

and Monte Carlo with Excel generated information to apply the method of simulation himself and paralleling with WinQSB the designed scenarios went with functional layout. Data obtained of traveled distances they submitted to statistical analysis of parametric type using Stats Graphics applying ANOVA tests. With information achieved through the process of research and being mindful of the data behavior, disintegration was involving for each scenario with functional layout, a decreased of rectilinear distance traveled, the decision to accept the alternative hypothesis because the variations in the disintegration were drawing forth an improvement in the decrease of rectilinear distance.

Introducción

El término layout se relaciona intuitivamente con la localización del centro laboral, la ubicación física de las estaciones de trabajo, de la ordenación de los departamentos y sus grupos de desarrollo activo. Es evidente la importancia de la variedad de productos o servicios que se ofrecen y las operaciones a realizar, así como las estaciones de trabajo que participan en el proceso; para decidir inicialmente la forma de ordenación de los puntos de trabajo, para asegurar de manera uniforme una ruta fluida del desarrollo de las actividades; pretendiendo garantizar un flujo óptimo de bajo costo, tomando en cuenta los espacios para el manejo del material, almacenamiento, máquinas, equipos de trabajo, operarios y demás actividades. Los intereses de toda distribución en planta son principalmente aumentar la producción y reducir costo, así como darle seguridad al trabajador y lograr satisfacción por la tarea que realiza. Se sabe de cuatro principales tipos de Distribución en Planta: por Posición Fija, por Proceso o Función, por Producto o en Línea y por Células o Híbridas.

Algunos autores señalan la necesidad de una nueva generación de distribuciones en fábricas; más flexibles,

modulares y fáciles de organizar [1]; alternativas para medir los rendimientos de distribuciones alternativas. Teniendo como punto de partida la propuesta que hacen en sus investigaciones [1] y con los resultados de [2] se pone de manifiesto lograr un acercamiento a la nueva generación de las distribuciones llamada Distribuciones Disgregadas para realizar así una evaluación con la distancia de recorrido de los materiales.

Se pretende medir y cuantificar la distancia de recorrido de los materiales al disgregar la distribución funcional al modificar rutas de proceso de productos, el volumen de producción y variedad de productos.

Preferir distribuciones funcionales en un inicio, de alguna manera implica no atender el efecto del grado de disgregación, el volumen de producción y la variedad de los mismos en las rutas del procesamiento de los productos la ruta del procesamiento de los productos sobre el tiempo de recorrido de tal procesamiento; es importante conocer qué consecuencia se obtiene sobre estas dos variables, al aplicarlo a la nueva Distribución; si se logra un ahorro considerable en la distancia de recorrido y tiempo de procesamiento, se habrá avanzado en esta nueva generación de distribuciones.

Fundamentos teóricos

Un fundamento para todo tipo de industria es la distribución en planta, la cual determina la eficiencia y en ocasiones incluso, la supervivencia de una empresa. La Distribución en Planta es el plan u ordenamiento óptimo de las actividades industriales y demás servicios necesarios para la mejor estructura que contenga estas actividades. Una mala disposición provoca flujos desperdiciados e innecesarios, generando retrasos y gastos de energía. Respaldarse con una adecuada distribución en planta en una factoría, es un elemento necesario e imprescindible.

Convencionalmente se acepta que para una alta variedad de productos o bien un bajo volumen de producción, la distribución funcional donde todos los recursos de un mismo tipo son compartidos en la misma sección, ofrece una gran flexibilidad [1]. Vea la figura 1.

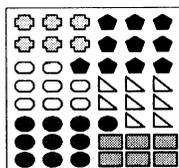


Figura 1. Distribución funcional

En una distribución funcional el manejo de materiales es ineficiente y su programación compleja; según [2] resulta en tiempos de entrega largos, pobre utilización de recursos y tasas limitadas. Una alternativa de organización funcional, es una configuración celular, donde la fábrica es fraccionada en celdas [1] como se muestra en la figura 2.

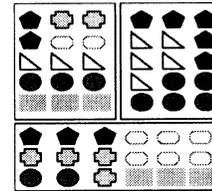


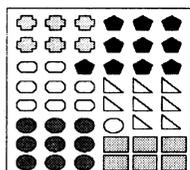
Figura 2. Distribución Celular

Cada célula está dedicada a una familia de productos cuyos requerimientos de proceso son similares. Ya formada la célula, está dedicada a una familia de partes. Tal organización puede adecuarse cuando las familias de partes son claramente identificables y los volúmenes de demanda estables. Se hacen ineficientes con fluctuaciones de demanda.

Los procedimientos de diseño de la distribución existente, ya sea para distribuciones funcionales o celulares, han estado, para la mayor parte, basados en un paradigma determinista, donde los parámetros de diseño, tal como mezcla de productos, demandas del producto y rutas del producto, se conocen con certeza, de acuerdo con [4]. El criterio usado en el diseño de la distribución es con frecuencia una medida rígida en la eficiencia del manejo de materiales (esto es, un registro inmediato de la distancia total en el manejo de material) la cual no capta la necesidad de flexibilizar y reconfigurar en un ambiente dinámico, según lo señalan [5]. También se ignora el impacto de los parámetros operacionales tales como la relación de lotes, carga y descarga de centros individuales de trabajo. Más importante aún, miden solamente el desempeño promedio y no pueden garantizar efectividad en todos los escenarios de las operaciones. Algunos autores señalan que también hay muchas limitaciones esenciales en las herramientas y métodos usados en el diseño y evaluación del layout de fábricas, siendo menos efectivas en fábricas con una alta variedad de productos o ciclos cortos de vida [6] [7].

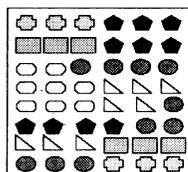
Según [6], la Distribución Disgregada se basa en disgregar grandes departamentos funcionales en pequeños sub-departamentos y distribuyéndolos estratégicamente a través del piso de la planta en ambientes altamente inestables. Esto permite cercar convenientemente la instalación contra las fluctuaciones futuras en los patrones de flujo y volúmenes de trabajo.

La figura 3 muestra departamentos con grados variables de disgregación. Procedimiento interesante en ambientes con fluctuación de demanda del producto; alta para una redistribución de la planta ya establecida.

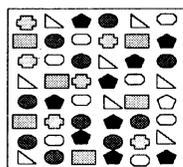


a) Distribución funcional

Figura 3. Distribuciones con grados variables de Disgregación



b) Distribución parcialmente disgregada



c) Distribución disgregada al máximo

Figura 3. Distribuciones con grados variables de Disgregación (continuación)

Materiales y métodos

Considerando que se parte de una modificación discrecional de la disposición de los elementos de una estación de trabajo para el proceso de un lote de producción de cada tipo de producto, el tipo de diseño que se emplea en esta investigación se puede catalogar como cuasiexperimental, pues se manipula por lo menos una variable independiente y se puede cuantificar una o más de las variables dependientes.

Con la información de las distribuciones funcionales de manufactura, se generan escenarios, el inicial que es la referencia, para de ahí proponer nuevas distribuciones de los grupos de máquinas y de los productos que se fabrican. Para cada escenario, el propósito es reducir los costos de cada proceso y para cada producto así como obtener la mejor distribución, consecuencia de una disgregación parcial o total, es

decir al 100%; esto implica una ventaja competitiva ante un escenario inicial, pues son alternativas diferentes de organización.

Los diferentes escenarios que se analizan son la distancia total recorrida, mediante simulación de diferentes pruebas al disgregar departamentos y comparar con la distribución funcional inicial en la variable "recorrido en el proceso de fabricación". La distribución inicial se logra aplicando la metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución, la cual se va optimizando con aplicación del método CRAFT. Habiendo identificado los diferentes escenarios, se simula la prueba de cada uno de los productos y de la demanda correspondiente. Se aplicó el software WINQSB (*facility location and layout*); a los resultados se les aplica un análisis estadístico. Existe la factibilidad de proponer diferentes distribuciones funcionales cada uno como consecuencia de varios ensayos de disgregaciones de los elementos del proceso de producción o estaciones de trabajo en los distintos departamentos involucrados.

El problema de la distribución funcional considera la ubicación de la maquinaria en departamentos de acuerdo a la función que realizan. Una distribución funcional generada mediante el algoritmo CRAFT mejora la distribución mediante disgregación de departamentos; es un recurso de naturaleza heurística y se realiza mediante los métodos siguientes:

- a) Intercambio en parejas: cambiar dos departamentos al mismo tiempo.
- b) Intercambio en ternas: cambiar tres departamentos a la vez.
- c) Intercambio de tres departamentos en forma bidireccional.
- d) Intercambio en tres maneras con intercambio bidireccional.

La unidad de contribución al flujo representa el costo de mover una unidad de material en términos de la distancia, de un departamento a otro. Tales medidas de distancia se pueden obtener de cualquiera de los siguientes tres tipos:

- * Distancia rectilínea.
- * Cuadrados de distancia Euclidiana.
- * Distancia Euclidiana.

El algoritmo CRAFT minimiza el costo originado por el flujo de materiales entre departamentos. Para este estudio se han considerado sólo distancias, pues el costo depende de la distancia entre un departamento y otro; expresando el modelo así:

$$\text{Minimizar } F = \sum_{ij} C_{ij} W_{ij} D_{ij} . \text{ Donde:}$$

D_{ij} Representa la distancia entre el departamento i y el departamento j

W_{ij} Representa el flujo de acuerdo a la ruta del departamento i al departamento j

C_{ij} Son las unidades de flujo del departamento i al departamento j

n Es el número de departamentos

Para cada iteración, el número de intercambios en parejas está determinado por $\frac{n(n-1)}{2}$; el número de

intercambio por ternas se determina en la forma $\frac{n(n-1)(n-2)}{6}$. Estos valores tienden a ser grandes

cuando n es grande. Al definir el área del diseño; se emplea una unidad definida con una fila y una columna. Se propone que las áreas de ocupación de cada máquina sean de las mismas dimensiones. De una distribución inicial, CRAFT mejora en cada iteración la distancia recorrida. Se usó el método de distancias rectilíneas; para las cuales se considera que si las coordenadas de los centros de los departamentos i y j en general se indican por (x, y) y (a, b) ; así:

$$distancia\ rectilinea = |x - a| + |y - b|$$

A la distribución funcional inicial se aplica la simulación Monte Carlo para describir la aleatoriedad de aparición de los productos y demanda correspondiente. Esta técnica combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con números pseudo-aleatorios y automatiza los cálculos. El Excel genera números pseudo-aleatorios provenientes de una distribución uniforme entre el 0 y el 1. La simulación consiste en crear un modelo matemático de la actividad por analizar, identificando las variables con comportamiento aleatorio y determina el comportamiento global de la actividad. Tras repetir n veces este experimento, se dispondrá de n observaciones del comportamiento de la actividad con variables discretas.

Con la distribución funcional inicial, se calculan las distancias rectilíneas de las distintas opciones y % de disgregación; se procesan aplicando CRAFT. Se toma distancia rectilínea mínima. Las evaluaciones para cada porcentaje de disgregación son:

a) Intercambio en parejas: cambiar dos departamentos al mismo tiempo.

b) Intercambio en ternas: cambiar tres departamentos a la vez.

c) Intercambio tres departamentos en forma bidireccional.

d) Intercambio en tres maneras con intercambio bidireccional.

A continuación se presenta el comportamiento del proceso de fabricación para algunos porcentajes de disgregación. Las propuestas ejemplifican las más económicas obtenidas con el programa WINQSB. Las letras y números representan elementos de producción codificados.

		COLUMNA										
fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	R	U	U	U	3	E	E	E	E	E	S	
2	M	4	4	4	1	B	5	C	A	F	S	
2	M	N	N	Q	1	B	5	D	b	b	R	
4	2	2	2	Q	1	5	5	5				

Figura 4. Distribución con disgregación del 0%

		COLUMNA										
fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	R	U	U	U	2	E	E	E	E	E	S	
2	M	4	4	4	2	B	5	C	A	F	S	
2	M	N	N	Q	2	B	5	D	b	b	R	
4	1	1	1	Q	3	5	5	5				

Figura 5. Distribución con disgregación 28%

Resultados y Discusión

Muestra de escenarios disgregados es la siguiente tabla

		ESCENARIO					
		1	2	3	0%	28%	50%
	Aleat	Prod	Dem				
1	0,990	5	200	59514	58512	53353	
2	0,387	3	160	58602	57384	52392	
3	0,196	1	120	38856	43620	40136	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figura 6. Resultados de la generación de escenarios

Se aplicó la prueba ANOVA (ver figuras 7 y 8).

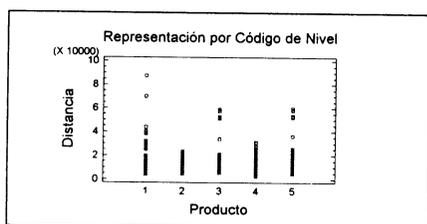


Figura 7. Gráfico de distancia por niveles de producto

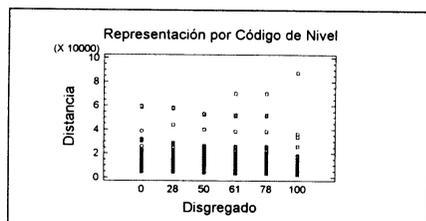


Figura 8. Gráfico de distancia por % de disgregado

Para determinar estadísticamente por cuánto difieren las medias de cada uno de los escenarios se realizó la prueba de Tabla de Medias por mínimos cuadrados para Distancia con 95.0% de intervalos de confianza. El comportamiento gráfico de la variabilidad de la media de la distancia rectilínea recorrida en el proceso de fabricación de cada producto en términos del grado de disgregación se ve en las figuras 9 y 10.

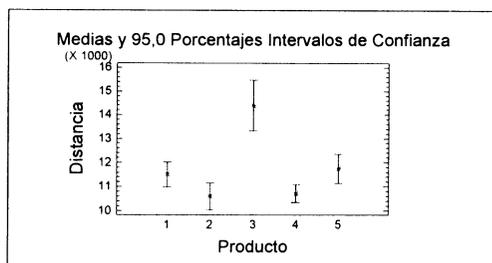


Figura 9. Gráfico de Distancia por nivel de producto

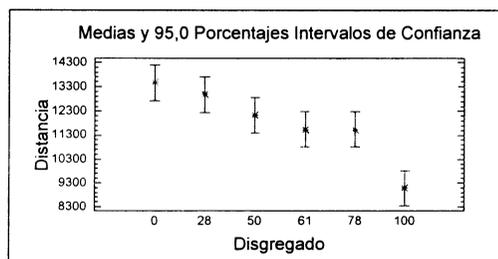


Figura 10. Gráfico de Distancia por nivel de producto y % Disgregado

Un respaldo del comportamiento gráfico que se ha descrito se muestra en la figura 11.

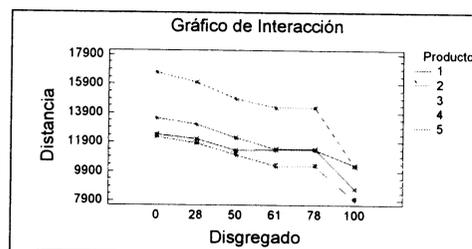
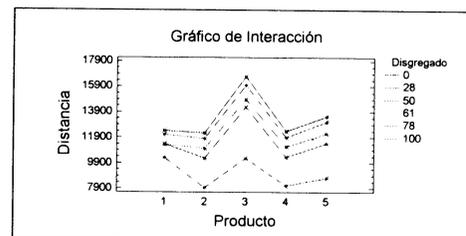


Figura 11. Gráfico de interacción entre producto y disgregado



Conclusiones

La descripción estadística del análisis enfatiza que para lograr una disgregación planteada al 100%, el software empleado (WINQSB) ofrece escenarios de producción en layout y la distancia rectilínea recorrida es mínima, comparada con el resto de escenarios semejantes con los mismos elementos de fabricación y bajo las mismas necesidades de demanda y tipo de productos.

Referencias

[1] S. Benjaafar, S. Heragu, and S. A. Irani. (2000). "Next Generation Factory Layouts". *International Journal of Production Research*. EBSCO

[2] T. L. Urban, W. C. Chiang y R. A. Russell. (2000). "The integrated machine allocation and layout problem". *International Journal of Production Research*. EBSCO

[3] Montreuil, B., Venkatadri, U. And R.L. Rardin, (1999). "The Fractal Layout organization of Job Shop Environments". *International Journal of Production Research*.

[4] Montreuil y LaForge (1992). "Dynamic layout design given a scenario tree the probable futures". *International Journal of Production Research*.

[5] Benjaafar y Sheikhzadeh (2000). "Design of Flexible Plant Layout". *International Journal of Production Research*.

[6] Saifallah Benjaafar, Sunderesh S. Heragu, Shahrukah a. Irani. (2000). "Next Generation Factory layouts: and Recents Progress". *International Journal of Production Research*.

[7] S. A. Irani and H. Huang, (2000). "Custom Design of Facility Layout for multi-products facilities using layout modules".

Artículo recibido: 28 de marzo de 2007

Aceptado para publicación: 11 de mayo de 2007