



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso; información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

Atentamente

División de Educación Continua.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
MODULO IV DISEÑO DE SISTEMA DE
PRODUCCION .
DEL 23 DE OCTUBRE A 04 NOVIEMBRE DE 1995 .
DIRECTORIO DE PROFESORES

ING. DANIEL RODRIGUEZ RESENDIZ
SUPERINTENDENTE DE INGENIERIA
INDUSTRIAL
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
MELCHOR OCAMPO No. 171-500
COL. TLAXPANA
DELEG. CUAUHEMOC
TEL. 140-03-64

ING. EMILIO GRAU URRUTIA
D I R E C T O R
COMERCIAL PRISMA S. A. DE C. V.
" DRY CLEAN "
AV. SAN JERONIMO No. 630 LOCAL 13 Y 14
COL. JARDINES DEL PEDREGAL
TEL. 595-82-76

ING. MA. DE LOURDES ARELLANO BOLIO
PROF. CARRE. ASOC. AINT. TC.
U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TEL. 622-31-04 ó 05

ING. BONIFACIO ROMAN TAPIA
A C A D E M I C O
U. N. A. M.
CUB. 03 DEPTO. ING. IND. DIMEI.
CIRC. EXT. C. U.
TEL. 622-31-04

CURSO: DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

MODULO V:

FECHA DEL 23 de Octubre AL 4 de Noviembre DE 1995

DIA	HORA	TEMA	EXPOSITOR	OBJETIVO DEL TEMA
23	17:00 a 21:00	Productividad	Ing. Daniel Rodríguez Reséndiz	Identificar los factores que afectan la productividad
24	17:00 a 21:00	Métodos y Procedimientos	Ing. Daniel Rodríguez Reséndiz	Aprender a analizar y mejorar un procedimiento de producción o proceso.
25				
26				
27	17:00 a 21:00	Arreglo de instalaciones	Ing. Emilio Grau U.	Aprender a aplicar las técnicas de distribución de planta.
28	9:00 a 13:00			
30	17:00 a 21:00	Reingeniería	Ing. Lourdes Arellano Bolio	Aprender la Técnica para el Rediseño de procesos.
3 Nov.	17:00 a 21:00	Ubicación	Ing. Bonifacio Román Tapia	Aprender a utilizar los métodos de análisis de transporte en la localización y distribución de planta y el JIT.
4	9:00 a 13:00			



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIPLOMADO INGENIERIA DE PRODUCCION

MODULO IV

DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

ING. SILVINA HERNANDEZ GARCIA

DISTRIBUCION DE PLANTA

El término "Distribución de planta" significa unas veces la disposición existente, otras veces el nuevo plan de distribución propuesto, y, a menudo, el área en estudio o el trabajo para realizar una distribución en planta. Por lo tanto, la distribución de planta puede ser una instalación existente, un proyecto o un trabajo.

La distribución de planta comprende la disposición física de las posibilidades industriales. Esta disposición ya sea instalada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para movimiento de material, almacenaje, mano de obra indirecta y otras actividades auxiliares o servicios como el que utiliza el personal y equipo de trabajo.

Ojetivos de la distribución de planta.

El principal objetivo de la distribución de planta es optimizar el arreglo de máquinas, hombres, materiales y servicios auxiliares, para maximizar el valor creado.

Además la distribución debe satisfacer las necesidades del personal asociado con el sistema de producción.

Una buena distribución de planta aspira a lograr una disposición productiva del personal, materiales, maquinaria y servicios auxiliares, que llegue a fabricar un producto a un costo suficientemente bajo para poder venderlo con beneficio en un mercado de competencia.

Si vemos más específicamente los objetivos básicos de la labor de hacer una distribución de planta incluye

1.-Minimizar distancias en el movimiento de los materiales

Una buena distribución debe minimizar tanto los costos como el tiempo, como las distancias para mover los materiales a través de los procesos de producción. En algunas compañías el uso de máquinas de transferencia solo requiere que se alimenten las máquinas con materia prima por un extremo del sistema de producción y que los productos sean retirados por el otro extremo. La industria cervecera es un buen ejemplo, ya que los procesos están arreglados de tal manera que la cerveza va de la primera preparación al envase sin ser tocada por manos humanas.

2.-Circulación de trabajo a través de la planta.

Distribuyendo el número de máquinas adecuadas en la posición correcta de una planta, el ingeniero industrial puede lograr el equilibrio en el proceso de producción y se pueden evitar cuellos de botella. Las interferencias de las máquinas se presentan en varias

formas dentro de las operaciones de producción, incluyendo ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones de calor, etc., interferencias que afectan el buen desempeño de trabajo del personal, es por esto que el analista tratara de minimizarlas, ahora si esto no es posible entonces aislara las maquinas que sean la causa del problema

3.-Utilización efectiva de todo el espacio

Los edificios de la planta representan una gran inversión, así pues, debe usarse en sutotalidad todo el espacio disponible (sin que esto signifique amontonamiento) para que el rendimiento sobre esa inversión sea máximo. El espacio representa un gasto fijo, sea que se use o no, de todas formas tiene que pagarse los costos del espacio, por lo tanto, al diseñar los arreglos de la planta se debe intentar reducir al mínimo la cantidad del espacio de piso y de espacio superior que no se utilice

4.-Satisfacción y seguridad para los obreros.

Una buena distribución de planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra. Los trabajadores no deberán tener exceso de tiempo ocioso, o tener que recorrer grandes distancias por sus herramientas, plantillas u otros suministros. El personal de mantenimiento debe tener fácil acceso a las maquinas para repararlas, operarlas y limpiarlas. Una buena distribución de planta debe crear un ambiente favorable para la formación de una moral elevada, en ocasiones con movimientos sencillos en la distribución

5.-Distribución flexible.

Si se diseña el arreglo de una planta teniendo en mente la flexibilidad, cualquier cambio en el futuro no representara un gran problema, ya que una redistribución puede presentarse con el cambio de algún producto o línea

El ingeniero industrial debe buscar la máxima flexibilidad para la conjugación de maquinas, hombres, materiales, procesos, productos, desperdicios, espacio de piso y muchos otros factores

TIPOS BASICOS DE DISTRIBUCION

DISTRIBUCION DE POSICION FIJA En que el material que se debe elaborar no se desplaza en la fábrica, sino que permanece en un solo lugar, y por lo tanto toda la maquinaria y demás equipo necesarios se llevan hacia él. Se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, y solo se producen pocas unidades al mismo tiempo. Ejemplo buques, motores diesel, aviones, etc.

DISTRIBUCION POR PROCESO O FUNCION En que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas. En la industria de la confección, el corte de la tela se hace en

una zona, el cocido o respuntes en otra, el acabado en una tercera, etc. Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gamma de productos que requieren la misma maquinaria. Ejemplo: talleres de mantenimiento, fábrica de hilados.

DISTRIBUCION POR PRODUCTO O POR LINEA DENOMINADA PRODUCCION EN CADENA En este caso, toda la maquinaria y equipo necesario para fabricar un determinado producto se agrupa en una misma zona y se ordenan de acuerdo al proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que existe una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados. Ejemplo: embotelladoras de refrescos, ensamble de automoviles, fabricación de cervezas, etc.

Aún cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción: uno de ellos está basado en la producción intermitente y el otro en la producción continua. Aunque algunas compañías no pueden clasificarse estrictamente como dedicadas exclusivamente a alguno de los dos tipos.

En términos generales, el sistema de producción continua utiliza equipos para propósitos especiales, en tanto que el sistema de producción intermitente usa maquinaria de propósitos generales. Ejemplo de maquinaria de uso general que pueden ejecutar trabajos similares en un sistema de producción intermitente son los taladros, las fresadoras, los tornos, esmeriladoras, etc.

La producción intermitente por lo general representa costos de almacenamiento más elevados que en la producción continua, normalmente el producto se mueve más rápidamente a través de la planta en la producción continua.

El sistema de producción intermitente por lo general se presta al uso de distribución por proceso, tanto los hombres, como los materiales, las máquinas y los servicios de apoyo están agrupados sobre la base de las funciones o procesos que se están ejecutando, por lo que en ocasiones se le llama distribución funcional.

El sistema de producción continua generalmente utiliza una distribución por producto. Este arreglo agrupa a los

trabajadores, materiales, máquinas y servicios de apoyo sobre la base de la secuencia.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCION POR PROCESO.

1 - Se tiene mayor flexibilidad en la producción de productos diferentes, en la distribución de máquinas y en la asignación de empleados, y la distribución está adaptada a una demanda intermitente.

2.-Se puede usar maquinas de propósitos generales, que cuestan menos que las máquinas especializadas y que no se deprecian tan rápido, es decir, no se vuelven obsoletas rápidamente

3 - Las distribuciones por proceso son menos vulnerables a las interrupciones. Si una máquina sufre algún deterioro, las otras pueden seguir trabajando sin que se presente un paro general

4.- Por lo general existe una inversión menor en las maquinas, personal y en el equipo de apoyo

5.- En la distribución por proceso, las máquinas pueden ubicarse en áreas separadas, de acuerdo a la función específica de cada una de ellas, no dependen de una secuencia dada por lo que es posible aislar las maquinas que producen un ruido excesivo, polvo, vibraciones, etc

6 Se puede utilizar sistemas de incentivos puesto que el ritmo de trabajo por lo general se fija por los obreros y no por las maquinas, líneas transportadoras

DESVENTAJAS DE LAS DISTRIBUCIONES POR PROCESO.

1 - El manejo de materiales es lento y difícil, como hay variedad de trabajos que se hacen al mismo tiempo, los materiales se transportan por muchas rutas que implica generalmente acarreos y reacarreos de un lugar a otro

2 - La programación y ruta de las ordenes de producción resulta difícil porque para cada producto se requiere de una ruta especial, y en ocasiones se forman cuellos de botella por el retraso de órdenes y por lo general no es fácil mantener equilibrada el proceso de producción.

3 - La inversión en inventario es generalmente mayor, ya que debe haber suficientes existencias de materia prima y una existencia muy grande en artículos en proceso

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCION POR PRODUCTO.

1.- El costo unitario de producción es menor

2 - Los productos se mueven a través de la planta con mayor rapidez debido a que gran parte del equipo es automatizado y de trayectoria fija

3 - El costo por manejo de materiales es menor

4 - El balanceo de líneas es más sencilla de lograr al igual que la ruta y la programación cronológica

5.- Los requisitos de inventarios suelen ser menores que en la distribución por proceso. Se requiere un suministro de materiales continuo, pero el ritmo de su utilización es uniforme pudiendo utilizar sistemas JUST IN TIME

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCION POR PRODUCTO O LINEA

- 1 -La interrupción en una máquina por desperfecto o ausentismo puede provocar el paro en la línea de producción. Como las máquinas están arregladas en secuencia de principio a fin si se sufre cualquier interrupción en algún paso del proceso afecta a toda la operación
- 2 - Como la distribución por producto es relativamente rígida, las partes componentes deben ser uniformes, el diseño del producto debe ser estable y debe mantenerse intercambiabilidad en las partes
- 3 - Debe mantenerse un volumen elevado de producción para asegurar un retorno de capital sobre la elevada inversión
- 4 - Es difícil aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, calor, etc.
- 5 - Los planes de incentivos son difíciles de aplicar y sostener ya que el ritmo de trabajo lo imponen las máquinas

Los tipos de arreglo más comunes encontrados en la industria son las distribuciones por proceso y por producto, pero la mayoría de las plantas utilizan una combinación de arreglo por producto y proceso

Existe un tipo de distribución menos común pero básica que es la distribución por posición fija. Esta distribución tiene varias ventajas

- 1 - Se reduce la manipulación de la unidad principal de montaje
- 2 - Los obreros especializados pueden completar su trabajo en un punto y la responsabilidad de la calidad queda fijada en una persona o grupo del montaje
- 3 - Es posible hacer cambios frecuentes en los productos o en el diseño del producto y en la secuencia de las operaciones
- 4 - La distribución está adaptada a variedades del producto y a una demanda intermitente
- 5.- Es más flexible, no requiere una técnica de distribución costosa o muy organizada

6 - Las interrupciones es una parte del proyecto, no detiene necesariamente a toda la operación de producción y en muchos casos es posible cambiar la secuencia de las operaciones.

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCION POR POSICION FIJA.

- 1 - Se requieren de trabajos muy especializados
- 2.- Se incrementa la manipulación de materiales y herramienta en el lugar del montaje
- 3 - Sólo sirve para pocas unidades producidas al mes o al año

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA.

- 1 - El factor material, incluye diseños, variedades, cantidad, operaciones necesarias y secuencia de las mismas
- 2 - El factor maquinaria, incluyendo el equipo de producción y las herramientas con su utilización
- 3.- El factor humano, que incluye supervisión, servicios auxiliares, mano de obra tanto directa como indirecta
- 4 - El factor movimiento, incluyendo el transporte externo e interdepartamental, manipulación en las diferentes operaciones, almacenajes e inspecciones
- 5 - El factor espera, incluyendo almacenajes temporales y permanentes y demoras necesarias
- 6 - El factor servicios, que incluye mantenimiento, inspección, desperdicios, programación y expedición
- 7.- El factor edificios, que incluye aspectos exteriores, e interiores del edificio y aprovechamiento del equipo y distribución
- 8.- El factor cambio, incluyendo versatilidad, flexibilidad y expansión

CRITERIOS PARA UNA BUENA DISTRIBUCION

Las técnicas empleadas para determinar una buena distribución son las que se usan normalmente en ergonomía, sin embargo existen otros criterios que pueden satisfacer una buena distribución

1 - Flexibilidad máxima Una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes, los puntos de abastecimiento deben ser amplios y de fácil acceso

2 - Coordinación máxima La recepción y envíos en cualquier departamento deben planearse de la manera más conveniente para ambos departamentos La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas

3 -Utilización máxima del espacio Una planta debe considerarse como un cubo ya que hay espacio arriba del piso, se pueden instalar transportadores a una altura superior a la de la cabeza o usarse como almacenes móviles para trabajos en procesos o puede suspenderse herramientas y equipo del techo

4 - Visibilidad máxima Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento, no debe haber rincones en los que puedan extraviarse los objetos Todo cancel o pared divisoria debe pasar por un cuidadoso estudio ya que reduce el espacio disponible y además origina una separación en ocasiones indeseable

5 - Accesibilidad máxima Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil sobre todo para evitar riesgos y peligros

6 - Distancia mínima Los movimientos deben ser necesarios y directos El manejo de los materiales y productos durante el proceso incrementa el costo del producto y no su valor, por lo que deben evitarse los movimientos innecesarios como podría ser el quitar un producto de un lugar de trabajo solo para llevarlo a un lugar de almacenamiento temporal Debe estudiarse cuidadosamente y evitarse en lo posible los anaqueles para almacenamientos temporales(compañía papelera San Cristobal)

7 - Manejo mínimo El manejo óptimo es el manejo nulo, pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo usando transportadores, montacargas, toboganes, rampas, carretillas, etc El material con el que se está trabajando debe mantenerse a la altura de la mesa de trabajo y no colocar en el piso si ha de tener que levantarse después

8.- Incomodidad mínima Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo , y si es posible contrarrestar

9 - Seguridad Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona deberá estar expuesta a peligros. Debe tenerse cuidado no solo de las personas que operan el equipo sino también de las que se encuentren cerca (fábrica de tornillos). Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general.

10 - Flujo unidireccional. No deben cruzarse las rutas de trabajo con las de transporte. Todo el material en una fábrica debe fluir en una dirección solamente y una distribución que no se ajuste a esto ocasionará dificultades si no es que un verdadero caos (trastes de aluminio).

11 - Rutas visibles e identificación. Deben proveerse rutas definidas de recorrido y de ser posible deben marcarse claramente. Ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamiento ni aun en forma temporal. Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básico en el ser humano.

PASOS PARA LOGRAR UNA BUENA DISTRIBUCION DE PLANTA.

1 - Establecer el problema

En la distribución de planta intervienen tantas consideraciones, escondidas tras la disposición física del material, maquinaria, hombres y funciones auxiliares, que debe definirse claramente desde el principio la naturaleza y extensión de la labor a realizar; por lo que debe establecerse claramente.

Debe hacerse un plan y un programa de trabajo tomando en cuenta las cuatro fases de la distribución. a) Situación de la superficie disponible, b) Distribución general de conjunto, c) Plan detallado de distribución, d) Instalación, programando el tiempo de cada una y los interfases si es que existen.

2 - Conseguir datos reales

Como en cualquier problema de ingeniería si conseguimos los datos reales, la solución se obtiene con sencillez en muchos casos. Sin datos habrá que basarse en opiniones o supuestos. Se deben reunir datos sobre el material y los productos terminados, la maquinaria, el equipo, el personal y los demás factores que intervienen. Estar convencidos que son datos reales reunidos por medidas actuales, cifras probadas. No debemos basarnos en ideas, registros o dibujos inexactos, dudosos o atrasados. (Utilizar diagramas vistos en estudio del trabajo).

3 - Volver a establecer o aclarar el problema a la luz de los datos reales.

Este es el momento para señalar las contradicciones o los conceptos equivocados. Los datos reunidos pueden mostrar que el establecimiento original o alcance del problema debe cambiarse. Debe lograrse que en este momento queda aclarada cualquier duda o decisión y las aclaraciones indiquen que nuevos hechos o datos deben ser tomados en consideración.

4 - Analizar y decidir la mejor solución

El análisis de los datos reales en paralelo con los objetivos de una buena distribución es el principal problema de trabajo de distribución de planta se reúne y evalúan los datos, se comparan las disposiciones alternativas, se ensayan y comprueban los planes, el análisis termina cuando se toma la decisión en cuanto a la mejor solución del problema

5 - Ejecutar acción para la aprobación e iniciación de la fase siguiente

Cuando se ha decidido ya la solución, es necesario lograr su aprobación (vender la idea) por parte del jefe de departamento como la de la dirección así como de las personas involucradas en los cambios para darles ocasión de señalar a tiempo cualquier deficiencia o error (caso de las cafeteras)

6 - Continuación.

Es importante considerar una continuidad, pues aunque la fase anterior sea por lo general aprobada, es posible y probable que surjan ajustes al llevar a cabo el desarrollo del proyecto y aún cuando una distribución este realizada físicamente surgieron preguntas y necesidad de recomodar o estudiar algunos otros pormenores

Se ha señalado ya, que hay varios requerimientos diferentes y a veces conflictos que deben satisfacer al preparar una buena distribución y para la toma de decisiones se tienen modelos matemáticos sobre la distribución de las instalaciones físicas que son de gran ayuda.

La decisión sobre la distribución de planta de flujos intermitentes o de distribución por proceso determina la localización relativa de los departamentos con el fin de alcanzar un criterio de decisión establecido dentro de ciertas restricciones de la distribución. En las decisiones de distribución de planta, algunos ejemplos de criterios de decisión son; minimización de los costos de manejo de materiales, la minimización de la distancia que recorren los clientes, la minimización de tiempos de viajes de los empleados y la máxima cercanía entre departamentos interrelacionados. Entre las restricciones más comunes están, las limitaciones de espacio, la necesidad de mantener una ubicación fija para ciertos departamentos, la capacidad limitada en cuanto al soporte de peso de ciertas áreas del piso, las disposiciones de seguridad industrial, las disposiciones de prevención de incendios y los requerimientos de áreas libres y pasillos. El problema consiste en encontrar la mejor distribución o al menos una satisfactoria que cumpla con todas las restricciones del caso.

Los problemas de distribución de planta para procesos intermitentes caen dentro de dos categorías: 1) Los que involucran criterios cuantitativos de decisión y 2) Los que involucran criterios cualitativos. Los problemas que implican criterios cualitativos requieren decisiones que puedan ser expresadas en términos medibles, tales como el costo de manejo de materiales, tiempo de viajes de clientes o distancias. En las decisiones de distribución de planta que implican criterios cualitativos deben establecerse las cualidades que cada operación debe cumplir o las cualidades de cada departamento o lugar de trabajo. Por ejemplo, puede ser muy conveniente colocar los baños cerca de la cafetería, puede ser conveniente aislar los departamentos de pintura y soldadura por razones de seguridad y

prevención de incendios. Estas relaciones, son de naturaleza cualitativa, por lo que se tienen métodos para resolver problemas cualitativos y otros para problemas cuantitativos.

CRITERIOS CUANTITATIVOS

Es posible formular varios tipos de problemas de distribución de planta de procesos basándose en criterios cuantitativos. Entre estos están la minimización de los costos del manejo de materiales en las fábricas y almacenes, y la minimización del tiempo de viaje de los empleados o clientes en las operaciones de servicios.

$$C = \sum_{i,j} T_{ij} C_{ij} D_{ij}$$

donde

T_{ij} = Viajes entre el departamento i y el departamento j

C_{ij} = "Costo" por unidad de distancia por viaje recorrido de i a j

D_{ij} = Distancia de i a j

C = Costo total

N = Número de departamentos

En esta ecuación el "costo" puede considerarse en pesos (dólares) o en unidades de tiempo, para dar cabida ya sea al criterio de manejo de materiales o al tiempo de viaje, considerando el "costo" como un recurso escaso que debe conservarse o minimizarse por medio de la decisión de distribución de planta.

Para poder ilustrar el modelo de minimización del costo lo ejemplificaremos con el siguiente problema.

Considere una planta que produce miniautos de juguete y que para ello usa los departamentos siguientes.

Departamento No	Nombre del dep.	Area(m ²)
1	Pintura	500
2	Corte de metales	350
3	Soldadura	600
4	Embobinado de motores	225
5	Trabajos de metales	600
6	Controles	275
7	Ruedas y llantas	500
8	Ensamble final	600

Suponga que en éste problema el objetivo consiste en minimizar el costo para transportar los materiales de un departamento al siguiente.

El paso No 1 para la solución del problema consiste en determinar el número de viajes que ocurren entre cada par de departamentos para poder obtener el número de viajes. Se toman como base las hojas de ruta (diagramas de proceso) de cada uno de los productos y los volúmenes futuros estimados del producto.

Matriz de viajes T_{ij}

Donde los elementos de la matriz se interpretan como el número total de viajes por semana entre el departamento i y el departamento j en "ambas direcciones".

En este problema fue elegido el volumen semanal de producción, pero puede usarse cualquier periodo, tal como diario, mensual o anual.

El paso No 2 consiste en determinar el costo de manejo de materiales por unidad de distancia recorrida en cada viaje. Este costo puede variar entre cada par de departamentos en atención a que se usen distintos métodos de manejo de materiales (carretillas, carritos manuales o montacargas).

Matriz de Costos C_{ij}

El paso No 3 consiste en determinar las distancias que existe entre cada par de departamentos las cuales dependerán de la distribución de planta que se haya elegido o la existente.

Pintura	Motores Pequeños	Trabajos de metales	Neumáticos y ruedas	Muelle de recep
1	3	5	7	
Corte de metal	Soldadura	Controles final	Ensamble embarque	Muelle de
2	4	6	8	

Distribución de planta inicial

Con esta distribución se han calculado las distancias entre cada par de departamentos.

Distancias del departamento i al departamento j

Matriz D_{ij}

Se ha especificado ya la matriz de número de viajes (T_{ij}), la matriz de costos (C_{ij}) y la matriz de distancias (D_{ij}) para la distribución de planta en particular. Con éstos datos es posible

calcular el costo total del manejo de materiales para cada par de departamentos. La matriz de costos total se calculó multiplicando los elementos T_i , C_{ij} , D_{ij} correspondiente a las tres matrices anteriores por ejemplo para el departamento 1 a 2 el costo de manejo de materiales es $75 \times 0.5 \times 0.30 = \112.50 y el costo total de todos éstos nos dá un costo total de $C = \$3668.50$ por semana.

Con esto se completa la evaluación de la ecuación inicial para un plano específico de distribución de planta.

La idea de obtener el costo es el preguntarse si es posible hacer algunas mejoras para reducir C . Iniciamos realizando intercambios entre los pares de departamentos.

Por ejemplo si cambiamos el departamento 4 por el 5 el costo de C sería igual a 3144.50 y la matriz de costos ajustada debido al intercambio se muestra en la fig siguiente.

Matriz de costos ajustados al cambio de los departamentos
4 y 5

Se podrían considerar otros intercambios que podrían reducir aun mas los costos, sin embargo, no se puede así llegar a una solución óptima por este método manual, a menos que se evaluaran todas las alternativas de cambios de departamento que en este caso serían 8. Sin embargo, existen algunos métodos de computadora para la solución de problemas a gran escala.

El problema cuantitativo de la distribución de planta para procesos intermitentes, puede a menudo expresarse como una función lineal de las distancias entre los distintos departamentos. Existen varios métodos de programación lineal. Uno de ellos es el método gráfico, que implica la construcción de una gráfica que describe las relaciones de las variables y de los parámetros comprendidos en el problema. Mediante el análisis de la función objetivo relacionada con las variables y parámetros, es posible encontrar el punto, línea o plano que proporciona la solución óptima para el problema.

Otro método de programación lineal es el método Simplex. El método implica establecer relaciones entre parámetros y la función objetivo en términos de ecuaciones. Estas ecuaciones se manipulan matemáticamente en una serie de operaciones repetitivas de manera que la función objetivo sea minimizada o maximizada. Es un método tanto tedioso y tardado cuando se hace manualmente, sin embargo se dispone de programas de computadora para el método simplex.

El método de transporte de programación lineal se refiere al análisis de cierto número de variables y parámetros en forma de una rejilla. Este método como los otros proporciona la solución óptima en términos de minimizar o maximizar la función objetivo. Al igual que el método simplex, también implica varios ciclos de análisis repetitivos o iteraciones, antes de que se llegue a la solución óptima. También existen programas de computadora para el método de transporte que reduce el tiempo para llegar a una solución.

La programación entera, la programación lineal y la programación dinámica son otros tipos de técnicas de programación que son útiles

CRITERIOS CUALITATIVOS

Los problemas de distribución de planta que involucran criterios cualitativos surge cuando las relaciones que existen entre los departamentos de una instalación se especifican en términos cualitativos (La conveniencia de colocar un departamento cerca de otro)

De acuerdo con el enfoque de Muther la conveniencia de colocar un departamento determinado adyacente a cualquier otro puede evaluarse mediante las siguientes categorías "Absolutamente necesario", "importante", "cercanía común correcta", "poco importante, e "inconveniente" Esta jerarquización puede basarse en consideraciones de seguridad industrial, conveniencia del cliente, o flujos aproximados entre distintos departamentos

Para poder ilustrar mejor este método lo haremos a través de un ejemplo

Haremos una redistribución de un supermercado típico

Se tienen en el supermercado los departamentos siguientes con sus necesidades de espacio, para cada departamento

Departamento	Área(m ²)
1 Frutas, verduras y carnes	1900
2 Alimentos congelados	1700
3 Abarrotes secos	2800
4 Recepción	1000
5 Alimentos enlatados	1500
6 Área de salida	1100
7 Panes y bocadillo	900
8 Productos no alimenticios	800

El paso No1 consiste en establecer la jerarquización que regirá dentro del supermercado y cuales son los límites y el código con el que se va a distinguir

Jerarquización	Definición	Símbolo
	de las relaciones	
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Cercanía común correcta	
U	Poco importante	
X	Inconveniente	

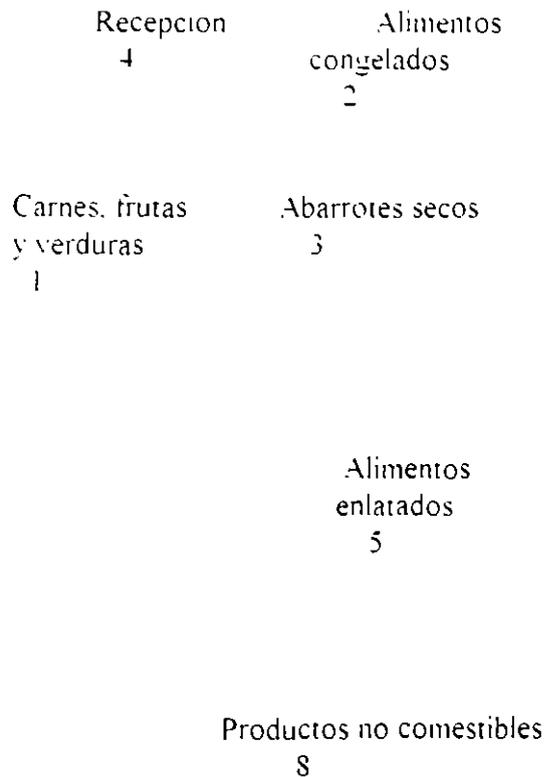
El paso No 2 consiste en obtener las razones para la relación e identificación con un código de esta razón o justificación

Código	Razón para la relación
a	Manejo de materiales
b	Facilidad de supervisión
c	Personal común
d	Conveniencia del cliente
e	Mejoras en las ventas
f	Apariencia

Pueden añadirse otras

Paso No 3 se realiza una matriz muy parecida al del problema cualitativo en donde se arreglan la relación y la razón de cada departamento

Paso No 4 una vez especificadas las relaciones cualitativas, es necesario encontrar la forma de resolver el problema. Cuando se trata de problemas pequeños, estos pueden hacerse por inspección visual. En este caso solo se tratará de colocar cerca los departamentos que sean absolutamente necesarios y las relaciones departamentales queden satisfechas colocando los departamentos lo más separado posible



Panes y botanas	Area de salida
7	6

Paso No 5 Una vez que se ha decidido sobre la relación el problema de distribución no ha quedado resuelto aún ya que toda la distribución debe por lo general encajar en una forma geométrica o de la forma del terreno con se cuente, y para ello hacemos plantillas a escala para cada departamento y se colocan sobre un plano también a escala, no olvidando especificar muros, puertas, sólidos, etc y sobre el plano se juega hasta encontrar la solución "óptima"

Plantillas	"Solucion"
------------	------------

Cuando se trata de problemas más grandes la solución no puede obtenerse mediante inspección sino que debe cesarse métodos computarizados por medio de los cuáles se intente considerar todas las relaciones especificadas y llegar a una solución óptima(o satisfactoria) Estos métodos requieren que las relaciones cualitativas se conviertan en una escala numérica y se puede resolver con un algoritmo

Los criterios cualitativos de distribución de planta se pueden aplicar a muchos tipos de situaciones entre las que se incluyen fábricas, almacenes, oficinas, y operaciones de servicio Este método es posible aplicarse porque siempre es posible especificar relaciones cualitativas entre departamentos

La planeación computarizada de la distribución de planta para procesos intermitentes ha evolucionado desde 1963 cuando se desarrollo el programa CRAFT que fué el primer programa práctico Los programas más populares son el CRAFT para criterios cuantitativos, y el CORELAP y ALDEP para criterios cualitativos

DISTRIBUCION DE PLANTA PARA PROCESOS EN LINEA

La distribución de planta para los procesos en línea difieren notablemente de la distribución de planta para los procesos intermitentes En los procesos en línea el producto se elabora en forma secuencial realizando un paso y luego el siguiente a lo largo de la línea de flujo, por lo que, la distribución no afecta la dirección del flujo del producto, pero si afecta la eficiencia de la línea, y los trabajos que se asignen a los trabajadores individuales

Cuando se usa una línea tradicional de ensamble de naturaleza móvil se considera el problema de asignación de tareas a los trabajadores de tal forma que el trabajo se divida por igual entre todos los empleados y esto es el problema clásico de balanceo de líneas

Existen varias maneras según el caso que se trate para balancear las líneas de producción, vamos a ver y a ejemplificar a continuación las más clásicas y frecuentes que se presentan

El balanceo de líneas más clásico que existe es el de resolver el problema comenzando por el final de la línea, y de acuerdo con los datos necesarios para balancear como son volúmenes de producción, lista de operaciones, secuencias de estos tiempos requeridos, se van programando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Vemos el siguiente ejemplo

Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10000 Kgs diarios de hilo de algodón según el proceso siguiente

LIMPIEZA CARDADO ESTIRADO FORCIDO HILADO
DE ALGODON

&Apuntes del Ing Juan José D'Matteo C
Fac. de Ing UNAM Diseño de sistemas productivos

Sabiendo que al final debe salir 10000 Kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100kg/día), determinamos que se requieren 1000 $100 = 100$ máquinas, conociendo a través del departamento de Ing Industrial que un operario puede atender 13 máquinas determinaremos que necesitamos $1000/13 = 7.6$ operarios por lo que se tomarán 8 y el operario que tenga menos carga de trabajo se le podrán asignar algunas tareas extras como pudieran ser lubricaciones, movimiento de materiales, limpiezas, etc

Pasamos a torcido donde el porcentaje estándar de defectuoso de hiladora es 5%, por lo que se determina que deberán salir 10500kg/día Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios

De esta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo

Es de hacer notar que el ejemplo saca de la realidad industrial Buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues estos se encuentran en una disposición por proceso alineado

Otro caso sencillo, y a la vez el más frecuente es aquel en el cual varios operarios, cada uno llevando a cabo operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad

Por ejemplo, tomemos una línea de 8 operarios

(min/pza)

Operación No	Tiempo standard
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84

5	1 23
6	1 24
7	2 28
8	1 26

Se necesitan fabricar 700 pzas/día en un turno de 8 hrs. en consecuencia cada pieza deberá fabricarse en.

$$480/700 = 0.685 \text{ min/pza}$$

Por lo tanto el número de operarios requeridos en cada puesto se calcula de la siguiente manera

Tpo standard No de operarios
 Tipo de fab. de cada pieza por operación

Ing Ind. Niebel ser y rep de Ing

Ope No	Tpo st	Tpo St/0.685	No de oper
1	1 25	1 82	2
2	1 38	2 01	2
3	2 58	3 77	4
4	3 84	5 60	6
5	1 23	1 80	2
6	1 29	1 88	2
7	2 28	3 32	3
8	1 26	1 84	2

Ahora bien, ocurre normalmente que los tiempos standard no son cumplidos por algún puesto de línea, o por toda la línea. Aparecen entonces lo que se llama eficiencia (E) de la línea que es el cociente formado por

$$E = \frac{\text{min stan}}{\text{min reales}}$$

Si por ejemplo determinamos que la eficiencia E=80%, entonces, debemos balancear la línea de acuerdo a los nuevos tiempos

Op No	Tpo st	Tpo Real =	Min reales/	Operarios
		Tpo st/E	0.685	
1	1 25	1 560	2 28	2
2	1 38	1 720	2 52	3
3	2 58	3 225	4 70	5
4	3 84	4 800	7 00	7

5	21 27	2 590	2 25	2
6	1 29	1 610	2 35	2
7	2 28	2 850	4 16	4
8	1 26	1 580	2 31	2

Para saber cual es la operacion mas lenta, dividimos el tiempo real de cada operación entre el numero estimado de operadores para cada una de las 8 operaciones

Operacion	Tiempo real/No operadores
1	$1\ 560/2 = 0\ 78\ \text{min}$
2	$1\ 720/3 = 0\ 57\ \text{min}$
3	$3\ 225/5 = 0\ 64\ \text{min}$
4	$4\ 800/7 = 0\ 68\ \text{min}$
5	$1\ 540/2 = 0\ 77\ \text{min}$
6	$1\ 610/2 = 0\ 805\ \text{min}$ Operación mas lenta
7	$2\ 850/2 = 0\ 71\ \text{min}$
8	$1\ 580/2 = 0\ 79\ \text{min}$

En consecuencia la operacion 6 determinará la velocidad de la línea que en este caso sera

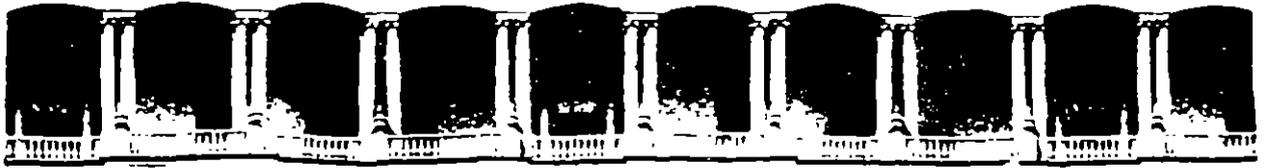
$$\text{Velocidad de la línea} = \frac{480}{0\ 805} = 596 \text{ piezas}$$

Como ésta velocidad no resulta adecuada tenemos que aumentar la velocidad de producción de la operación numero 6. Ello puede lograrse de las siguientes maneras

- 1 - Haciendo que uno de los operarios trabaje horas extras
 $104 \times 0\ 805 = \text{min de tpo extra}$
- 2 - Utilizando los servicios de un tercer hombre (a medio tiempo) en el puesto No 6
- 3 - Mejorando el método de la operación no 6 para disminuir su ciclo de trabajo

El problema de la asignación a la línea de producción puede ser también el de minimizar el número de estaciones de trabajo, dado el tiempo de ciclo deseado, o bien, dado el número de estaciones de trabajo, asignar tareas o elementos de trabajo a las estaciones, dentro de las restricciones establecidas para minimizar el tiempo ciclo.

El siguiente procedimiento de ayuda a la resolución del problema de equilibrio de líneas y se basa en la publicación de la General Electric acerca de equilibrio de líneas de ensamble. Los ingenieros de esta empresa han elaborado un programa para computadora que tiene por objeto asignar



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIPLOMADO INGENIERIA DE PRODUCCION

MODULO IV

DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS
(PRODUCTIVIDAD , METODOS Y PROCEDIMIENTOS)

ING. DANIEL RODRIGUEZ R.

PRODUCTIVIDAD.

La Secretaria del Trabajo y Previsión Social a través de la Dirección General de Capacitación y Productividad y también de la Dirección de Promoción de la Productividad emitió una definición para que fuese manejada tanto por representantes del Sector Público, del Privado y del Social. Como resultado de este consenso, se presenta la definición de productividad:

“ Es la capacidad de la sociedad para utilizar en forma racional y óptima los recursos de que dispone: humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos; retribuyendo equitativamente a los factores que intervienen en la generación de la producción, para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades materiales educativas y culturales de sus integrantes, de manera que mejore cuantitativamente y cualitativamente el bienestar social y económico de dicha sociedad.

Los beneficios deben ser distribuidos equitativamente entre utilidad, salarios e impuestos y deben significar mejores precios al consumidor .”

A continuación se presentan algunas definiciones adicionales o complementarias

1 “ El concepto de productividad está asociado a la relación entre producto y factores, es decir la relación entre producto obtenido por unidad de factor o factores utilizados para lograrla.”

FUENTE: Hernández Laos, E. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS FACTORES EN MÉXICO, Ediciones Productividad, México, 1973

2. “La productividad es la relación que existe entre las cantidades de bienes producidos y las cantidades de recursos utilizados en la producción “

FUENTE: Oakley, Stan. ABC OF WORK STUDY, Pitman Publishing, 1973

3. “ La productividad es la relación cuantitativa entre lo que producimos y los recursos que utilizamos.”

FUENTE: Russel Mackenzick, Currie. ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO, Diana, México, 1979.

4. “ La productividad se define como la relación que existe entre la meta lograda y los recursos gastados con ese fin. “

FUENTE: Klein, A.W. LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPARACIÓN ENTRE EMPRESAS, Arte, Venezuela, 1965.

5. "La productividad es la cantidad de productos obtenidos por unidad de recurso productor utilizado durante una unidad de tiempo. "

FUENTE: Organización Internacional del trabajo MÉTODOS PARA LAS ESTADÍSTICAS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO, OIT, México, 1975

6. "La productividad es una serie de sistemas o implementos que se tienen para el control de la producción, para lo cual es necesario utilizar parámetros que midan el avance de la producción en la Empresa, así como la óptima utilización de los recursos "

FUENTE: Encuesta aplicada en Norkin, S A.

7. " La productividades la eficientización, la optimización en el uso de los Recursos Humanos y materiales disponibles "

FUENTE Encuesta aplicada en Industria H-24, S.A. de C V

8 "La productividad es el nivel de aprovechamiento que de todos los recursos disponibles en la empresa haga un trabajador o empleado "

FUENTE: Encuesta aplicada en Helena Rubenstein S A.

9 "La productividad es cualquier actividad realizada con calidad, oportunidad, costo y cantidad. "

FUENTE: Encuesta aplicada en Provedora Satelite S.A. de C.V

10. " La productividad es el aprovechamiento al máximo de los recursos materiales y personales de la fábrica

FUENTE: Encuesta aplicada en el Grupo Suntory, S A

11. " La productividad es el aprovechamiento máximo de los recursos físicos para la producción de un bien o servicio, es decir , ahorrar recursos, producir con un mínimo de costos. "

FUENTE: Encuesta aplicada en Tijeras Barrilito, S. A.

12. " La productividad es la cantidad de una producción originada por uno de los factores de la producción. "

FUENTE: Secretaria del Trabajo y Previsión Social. SINOPSIS DE PRODUCTIVIDAD, Editorial Popular de los Trabajadores, México, 1980.

13. " La productividad es un indicador de la utilización de recursos medidos en términos físicos en función de un estándar. "

FUENTE: Ensayos varios.

Para efectos de este curso, emplearemos la siguiente definición.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Servicios Empleados en su obtención}}$$

Existe productividad de los siguientes factores

- a) de la tierra;
- b) servicios del hombre;
- c) maquinaria, equipo e instalaciones;
- d) de los materiales;
- e) del dinero; etc.

Ejemplo:

$$10 \text{ ton/1 ha} = 10; \quad \uparrow 12 \text{ ton/1 ha} = 12, \quad \uparrow 10 \text{ ton/0.75 ha} = 13.3$$

Se incrementa la productividad al aumentar el numerador, reducir el denominador o al cumplir ambos requerimientos, es decir

Hago más con lo mismo.
Hago lo mismo con menos.
Hago más con menos.

¿Cómo aumentar el numerador?

- Modificando el catálogo de producción.
- Utilizando los subproductos o desperdicios.
- Evitando rechazos y devoluciones.
- Evitando la pérdida de ventas.

¿Cómo reducir el denominador?

a) En cuanto a suministros

- Evitando desperdicios;
- Evitando el mal uso de materiales

b) En cuanto a fuerza de trabajo

- Evitando tiempos ociosos,
- Suprimiendo maniobras innecesarias;
- Evitando el mal uso de la capacidad.

c) En cuanto a los medios de producción

- Reduciendo los tiempos de paro;
- Evitando el desgaste prematuro;
- Cuidando las características físicas y económicas

otros índices de productividad.

$$p = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{materiales utilizados}}$$

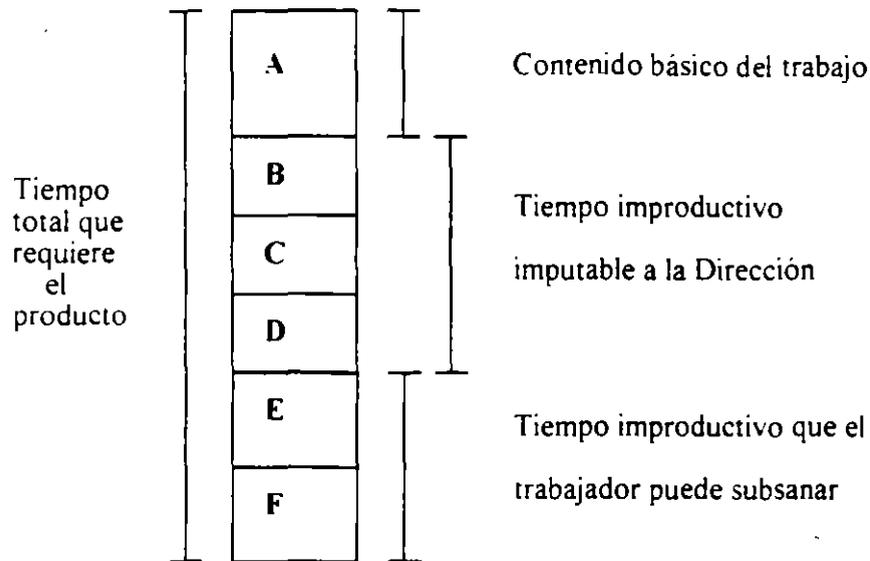
$$p = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capital invertido}}$$

$$p = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{energía consumida}}$$

$$p = \frac{\text{productos obtenidos}}{\text{capacidad productiva}}$$

$$p = \frac{\text{horas de trabajo efectivo}}{\text{horas de trabajo posible}}$$

A.) Componentes del tiempo total de trabajo.



- A. Contenido básico del trabajo.
- B. Trabajo en exceso debido a deficiencias en la planeación y a las especificaciones del mismo.
 - B.1 Una mala planeación no permite el uso del equipo adecuado
 - B.2 Mala normalización impide utilizar los métodos más adecuados para el trabajo
 - B.3 Fijación incorrecta de normas de calidad, exageraciones en las especificaciones ocasionan trabajo de más.
- C. Trabajo en exceso debido a métodos ineficientes o al funcionamiento de la misma área.
 - C.1 Usar maquinaria o herramienta inadecuada.
 - C.2 Proceso mal ejecutado o ejecutado en condiciones incorrectas.
 - C.3 Mala disposición de la maquinaria o equipo, lo que ocasiona trabajos innecesarios.
 - C.4 Métodos de trabajo ineficientes o desconocimiento del trabajo por parte del operario.

- D Trabajo en exceso debido a mala organización.
 - D.1 Variedad excesiva de productos y materiales utilizados en el proceso
 - D.2 Falta de normalización, cambio de modificaciones al diseño, impiden una adecuada capacitación
 - D.3 Mala planificación del trabajo o en la recepción de materiales provocan inactividad de las máquinas o equipos
 - D.4 Constantes averías provocan inactividad y descontrol en la planta.

- E Tiempo improductivo por negligencia del trabajador.
 - E.1 Ausencias, retrasos e inactividad del trabajador.
 - E.2 Hacer labores en forma descuidada, lo que genera tiempo improductivo por tener que repetir o desechar el producto.

- F Tiempo improductivo debido a accidentes y a incidentes.
 - F.1 Accidentes e incidentes pueden generar ausencias por incapacidad, ausencias temporales o breves interrupciones.
 - F.2 Enfermedades no profesionales provocan ausencias justificadas, pero en muchos casos no se puede suplir a la persona.

B.) Principios

Principio de la función limitante.

Una función desempeñada poco eficientemente, limitará el rendimiento y la productividad de otras funciones así como el resultado final de las operaciones de la empresa.

Principio de la función limitada.

Deberá considerarse poco provechoso todo esfuerzo adicional que se emplee en una función con la intención de mejorar su rendimiento si antes no se eliminan los obstáculos que otras funciones le anteponen en el camino a su objetivo

Principio de los círculos viciosos.

Se constituye un círculo vicioso cuando dos o más funciones se limitan una a continuación de la otra y la última de la cadena limita a la 1ª. En este caso la acción debe ser la adecuada para romper la cadena en el eslabón más débil.

C.) Análisis factorial.

$$E = \frac{a + \frac{b}{2} + \frac{c}{4}}{n}$$

E =	%	de eficiencia.
a =	#	de elementos satisfactorios;
b =	#	de elementos regulares;
c =	#	de elementos malos o deficientes;
d =	#	de elementos inexistentes;
n =	#	total de elementos analizados, (a + b + c + d)

Factores a estudiar:

- 1 - **Medio Ambiente:** todos los elementos externos a la organización que resultan relevantes para la operación, incluso elementos de acción directa e indirecta
- 2 - **Dirección:** orientación y manejo de la empresa.
- 3 - **Productos y Procesos:** selección y diseño de los bienes a producir y de los medios utilizados en la fabricación
- 4 - **Financiamiento:** manejo de los aspectos materiales.
- 5 - **Fuerza de Trabajo:** el total de personal ocupado en la empresa.
- 6 - **Suministros:** conjunto de materias primas, materiales, productos semielaborados, accesorios y servicios.
- 7 - **Medios de producción:** conjunto de inmuebles, equipo, herramientas e instalaciones de servicios.
- 8 - **Actividad Productora:** transformación de los materiales en productos que puedan comercializarse.
- 9 - **Mercadeo:** manejo de la venta y de la distribución de los productos.
- 10 - **Contabilidad y Estadística:** registro e información de las transacciones de la empresa.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

Estudio del Trabajo.

Es la expresión que se utiliza para designar las técnicas de estudio de métodos y de la medida del trabajo y mediante los cuales se asegura el mejor aprovechamiento de los recurso humanos y materiales para llevar a cabo una tarea.

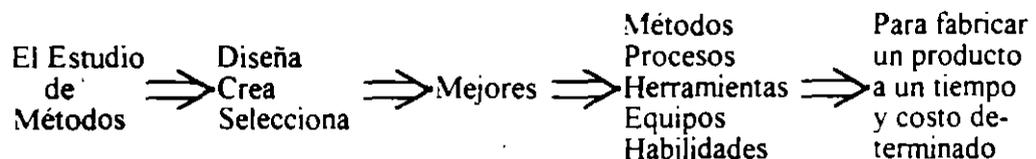
Los Objetivos del Estudio del Trabajo son:

- * Mejorar los procesos, procedimientos y métodos;
- * Mejorar la distribución de la fábrica, así como también el diseño de equipo e instalaciones,
- * Economizar el esfuerzo humano y disminuir la fatiga innecesaria;
- * Incrementar la productividad de los 3 elementos de la producción, es decir: mano de obra, materiales e instalaciones; y
- * Crear mejores condiciones de trabajo.

Estudio de Métodos.

Es el registro, análisis y examen crítico y sistemático de los modos existentes y propuestos de llevar a cabo una tarea, y así como también el desarrollo y aplicación de métodos sencillos y eficaces.

También se dice que es el procedimiento sistemático de escrutinio de actividades directas e indirectas para facilitar el trabajo, minimizando tiempo y costo



Procedimiento Sistemático para realizar un estudio de métodos.

- 1 - Seleccionar el trabajo motivo del estudio
- 2 - Registrar todos los hechos relativos al método actual mediante la observación directa.
- 3 - Examinar críticamente esos hechos utilizando las técnicas más apropiadas a cada caso.
- 4 - Desarrollar el método más sencillo y eficaz.
- 5 - Adoptar el nuevo método como práctica uniforme.
- 6.- Mantener el nuevo método mediante comprobaciones regulares.

En cuanto al 1^{er} punto deberán hacerse tres tipos de consideración.

- a) Económicas,
- b) Técnicas; y
- c) Humanas.

Las económicas significan que deberán escogerse trabajos que sean muy repetitivos y que tiendan a durar en el tiempo.

Las consideraciones técnicas deben tomar en cuenta que pueden existir factores que impiden el mejoramiento del método o aumento de la producción.

Las consideraciones humanas son las más difíciles de prever, se debe instruir y comunicarse en forma general con supervisores y todo el personal obrero involucrado acerca de las ventajas del estudio, si a pesar de ello el estudio de métodos causa malestares o resentimientos hay que abandonarlo por más prometedor que parezca.

Durante el registro de datos en los diferentes diagramas nos será de gran utilidad el empleo de los 5 símbolos básicos, razón por la cual debemos dominar su intención, comprenderlos y utilizarlos.

Símbolos

- Operación.-** Decimos que hay operación cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un artículo, cuando se monta o desmonta en relación a otro objetivo, cuando se prepara para la operación siguiente, cuando se completa o produce algo.
- Inspección.-** Decimos que hay inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación, para comprobar cantidad o calidad de sus propiedades. La inspección no contribuye a la conversión del material en producto terminado. Sirve para comprobar si una actividad ha sido terminada correctamente en lo que se refiere a cantidad o calidad.
- Transporte -** Hay transporte cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, salvo que sea trasladado dentro de una operación o inspección usamos el símbolo de transporte siempre que haya manipulación del material o desplazamiento del operario.
- Almacenamiento Temporal o Demora.-** Se presenta precisamente cuando el material es retenido en algún punto de su recorrido o durante alguna etapa del proceso.
- Almacenamiento -** Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo. La diferencia entre almacenamiento y almacenamiento temporal consiste en que para sacar un artículo que está en almacenamiento se necesita un vale o autorización que no existe en el temporal.
- Actividad Combinada.-** Cuando se desea expresar actividades ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario, se combinan los símbolos de estas actividades.

Análisis de Métodos de Trabajo por medio de Diagramas.

En el estudio de métodos es de gran utilidad el empleo de diversos diagramas dado que por medio de ellos podemos conocer características del proceso productivo.

El empleo de diagramas nos sirve para

- a) Saber cómo, con qué, y en cuánto tiempo se elabora un producto o serie de productos
- b) Compara la eficiencia de varios métodos en igualdad de condiciones.
- c) También nos sirve para repartir la tarea dentro de grupos de trabajo.
- d) Para conocer el recorrido que siguen los materiales u operarios para un proceso o producto dado.

Para la elaboración de los diagramas es necesario que 1º se observe perfectamente el proceso y se tomen tantas notas como sea necesario, excepto cuando se intente la elaboración del diagramado de un método propuesto, pues en este caso se requiere primero una investigación exhaustiva y posteriormente mucho trabajo de gabinete

Todos los diagramas deben llevar un encabezado, el cual debe llevar al menos los siguientes datos:

- * Nombre de la empresa o razón social;
- * Fecha o periodo de observación;
- * Identificación del operario observado;
- * Identificación del observador;
- * Producto, pieza, elemento en elaboración;
- * Máquina en la que se labora;
- * Área o departamento
- * Resumen.

Operaciones del Proceso o Cursograma Sinóptico.

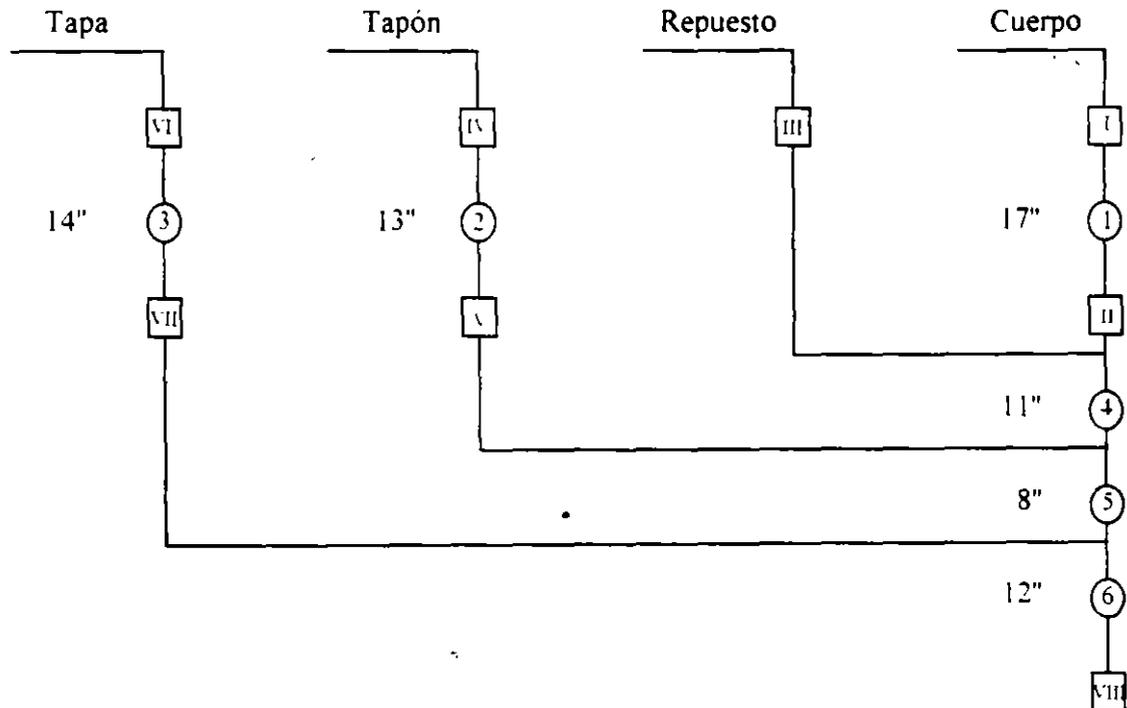
Es de suma utilidad contar con un gráfico que nos permita observar de una sola ojeada la totalidad del proceso

El cursograma sinóptico es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso, con indicaciones de los puntos de entrada de los materiales.

Responde a la pregunta ¿Cómo se realiza?, utiliza únicamente los símbolos de operación e inspección sin tomar en cuenta ¿quién? y ¿dónde se ejecuta?, suele indicarse adjunto a cada símbolo el tiempo asignado para realizar esa actividad.

Se comienza con una línea vertical a la derecha de la hoja para indicar las operaciones e inspecciones del elemento principal, el tiempo de la actividad se indica a la izquierda de cada símbolo, en hoja aparte se da una explicación breve de la operación o inspección indicando la máquina o herramienta utilizada. Es muy importante la forma de numerar, pues la misma nos va a señalar la secuencia del armado o ensamble.

La elaboración y lectura del diagrama es de derecha a izquierda y de arriba hacia abajo, se recomienda dividirlo por componente



Operaciones:

1 - Rebabeo con máquina X-14

2 - Rebabeo con máquina X-15

●

●

●

Inspecciones:

I.- Verificar cantidad de rebaba.

II.- Verificar la carencia de rebaba

●

●

●

Análisis del Proceso o Cursograma Analítico.

En este diagrama se va señalando el curso que sigue el material o el operario (no ambos), diferenciando con precisión de que actividad se trata (□, ○, ⇒, ∩, ▽, ◻ etc) al final se contabiliza cuantas ocasiones se lleva a cabo cada actividad, que tiempo total se llevó, que distancia total se recorre, etc

Descripción	Cant.	T.	Mts.	○	□	⇒	∩	▽	◻	Observaciones
Verifica asistencia visualmente		4			●					
A escritorio	1	12	10			●				
Deja portafolios	1	4		●						
Quitarse saco	1	4		●						
Abrir portafolios	1	8		●						
Sacar notas	1	16							●	
A tarima	1	4	2.5			●				

Resumen:

	Método Actual	Método Propuesto	Economías
○			
□			
⇒			
∩			
▽			
◻			
Total de Acts.			
Tiempo			
Dist en metros			

Diagrama de Proceso de Flujo:

Es una variación del cursograma analítico lleva distancia, símbolo y explicación o descripción, enumerando los símbolos como en el cursograma sinóptico.

Diagrama de Actividades Múltiples, de Grupo, o de Hombre-Máquina.

Es un diagrama en el cual se registra la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios o varias máquinas. Se utiliza cuando es necesario analizar por medio de una gráfica las actividades de un operario con relación a otro. el diagrama expone claramente los tiempos improductivos mediante la representación en columnas separadas de la actividad de los operarios y con la confrontación de una escala común de tiempos.

Es sumamente útil para organizar equipos de trabajadores en producción en serie o en tareas de mantenimiento.

No se emplea ningún símbolo, tan solo se menciona la actividad, graficando exactamente la cantidad de tiempo que requiere esta. se grafica por igual las actividades productivas y las no productivas, diferenciando las productivas por medio de líneas, colores, etc.

Tiempo (Segs)	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
10	1			
			2	
		3		
60				
	4		6	
80				
				5

Diagrama de Flujo

Este diagrama consiste básicamente en un plano a escala del lugar, conteniendo la maquinaria y equipo en su lugar preciso. No se considera que tipo de actividad se realiza en cada centro de trabajo, tan sólo el recorrido que sigue el material u operario.

El diagrama nos ayuda a conocer que pasillos se congestionan o las distancias que se recorren.

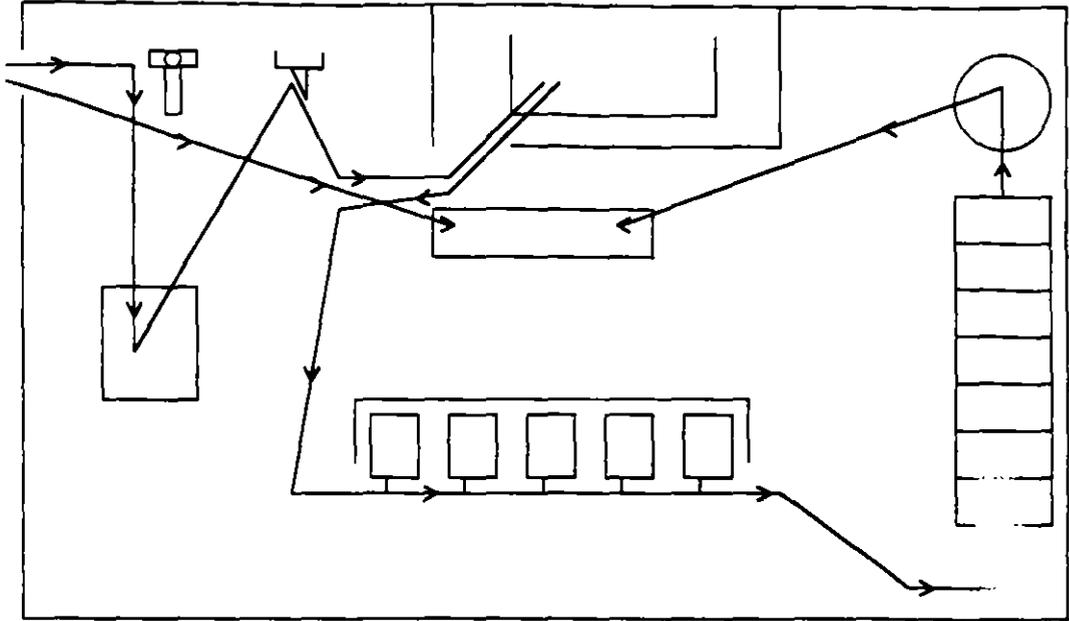
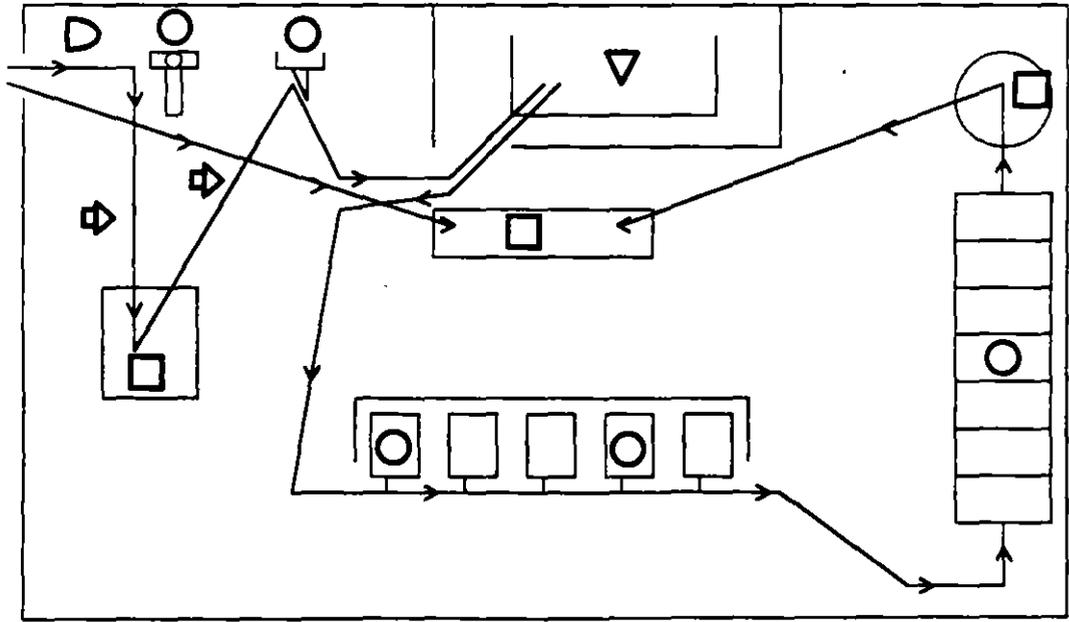


Diagrama de Recorrido.

Este diagrama se realiza cuando se requiere completar la información del diagrama de flujo y no es mas que la incorporación de los símbolos conocidos para expresar las actividades en los diferentes puntos de parada que implique el proceso, en algunas ocasiones se requiere hacer este diagrama en forma tridimensional.



BIBLIOGRAFÍA

Maynard, "Industrial Engineering Handbook", Mc Graw Hill.

Oficina Internacional. del Trabajo, "Introducción al Estudio del Trabajo", OIT

Benjamin Niebel. "Ingeniería Industrial". Representaciones y Servicios de Ingeniería.

Alfórtz y Banks. "Manual de la Producción", UTEHA

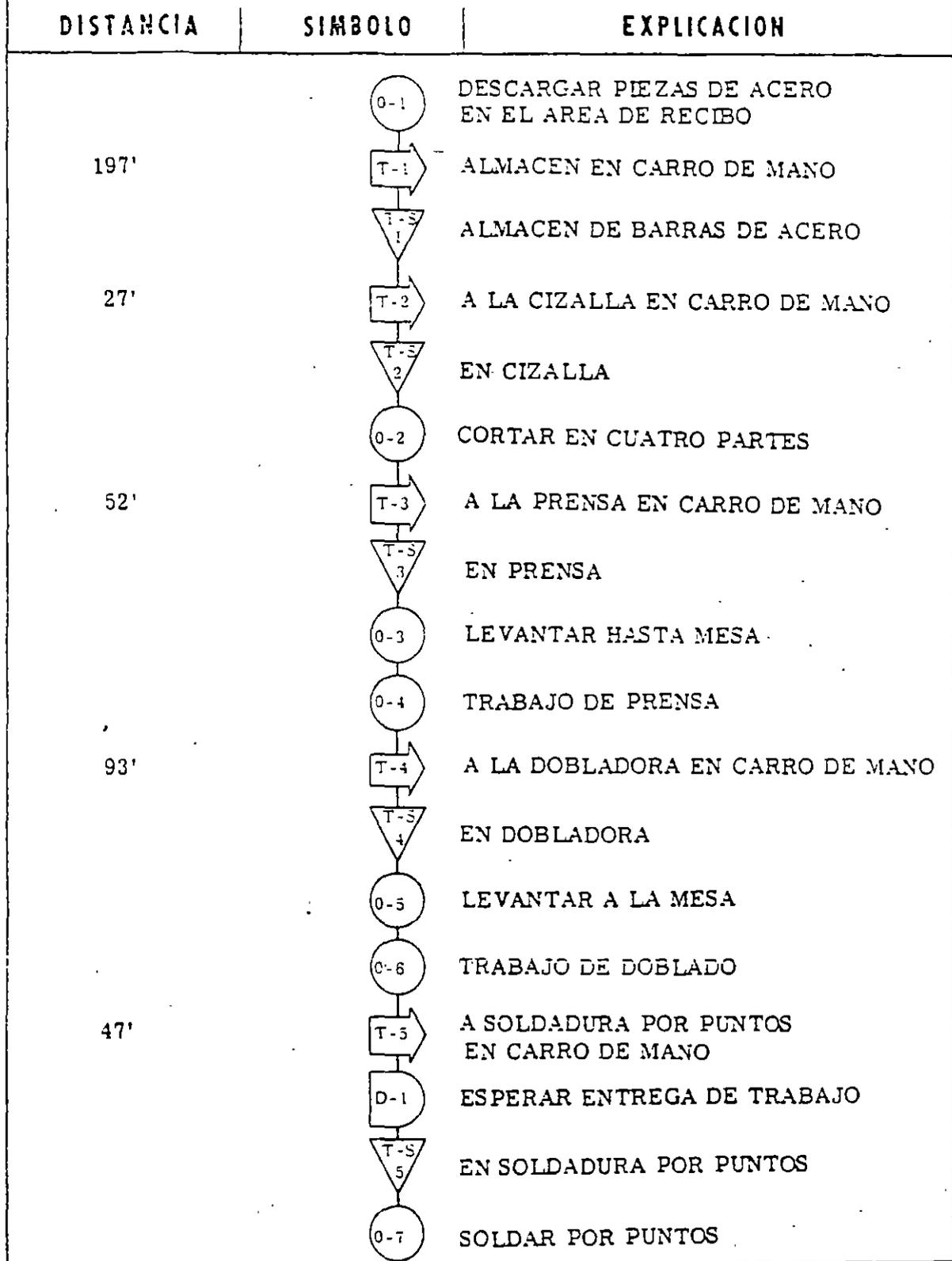
Klein y Grabinsky. "El Análisis Factorial", Banco de México.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, "Definiciones de Productividad", S.T.P.S

	ANALISIS		CRITICA	ESTUDIO DE MEJORA
	HECHOS	RAZONES	COMPARACION	PROPUESTAS
PROPOSITO	¿ QUE actividad se lleva a cabo?	¿POR QUE se realiza?	¿ES necesario?	¿Se puede EVITAR?
LUGAR	¿DONDE se lleva a cabo?	¿POR QUE en ese lugar?	¿ES el lugar mas indicado?	¿Se puede CAMBIAR?
SUCESION	¿CUANDO se lleva a cabo?	¿POR QUE en ese momento?	¿ES el mejor momento?	¿Se puede COMBINAR con otra operación?
PERSONA	¿QUIEN la lleva a cabo?	¿POR QUE esa persona?	¿ES la persona mas indicada?	¿Se puede EVITAR o CAMBIAR la persona que lo ejecuta?
MEDIOS	¿COMO se lleva a cabo?	¿POR QUE de esa manera y con ese material?	¿ES el mejor metodo? ¿El mejor medio?	¿Se puede MEJORAR el metodo o el medio?

INGENIERIA INDUSTRIAL / DSRR

DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO METODO ANTIGUO



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO INDUSTRIAL.

Normalmente se entiende como diagnóstico industrial, tan solo un estudio de rentabilidad.

La rentabilidad depende de dos factores, el interno se refiere a la operación de la empresa, es decir, manejo de sus recursos, el externo tiene que ver con el comportamiento del mercado de productos e insumos y con la capacidad de adaptación de la empresa a los cambios que se presentan en el mismo mercado

En la operación industrial, existen 4 elementos que deben contemplarse en su evaluación.

- Productividad - La manera en que se utilizan y se integran los recursos disponibles durante el proceso productivo
- Calidad.- Nivel de adaptación del proceso productivo a las necesidades de los clientes
- Flexibilidad.- Habilidad de la empresa para adaptarse a los cambios cualitativos y cuantitativos que se presenten en el mercado
- Eficacia.- Grado de satisfacción de las metas y objetivos de la propia empresa.

MODELO SISTEMICO DE LA OPERACION INDUSTRIAL



VALOR DE ENTRADA	=	CANTIDAD USADA	x	COSTO UNITARIO
↓		↓		↓
RENTABILIDAD	=	PRODUCTIVIDAD	x	COMPORTAMIENTO DE PRECIOS
↑		↑		↑
VALOR DE SALIDA	=	CANTIDAD VENDIDA	x	PRECIO UNITARIO

Al empresario, lo que le interesa al fin y al cabo es.

Compras
Costos
Ventas
Utilidades

• Es obvio que, que un índice de productividad es ve afectado con el incremento del numerador (componentes del producto) y/o con la reducción del denominador (componente del insumo). Con esta idea se ofrecen los siguientes ejemplos

AUMENTO DEL PRODUCTO FÍSICO

1 -MEDIO AMBIENTE

Estando informada de las lagunas que existen en la integración industrial, en el ámbito local o nacional, la empresa puede ampliar el radio de sus actividades

2.- POLÍTICA Y DIRECCIÓN

Fijando como política el mayor empleo de las habilidades tradicionales dentro del área, la empresa puede producir con una mayor eficiencia y, como resultado, lograr un incremento del producto.

3 - PRODUCTOS Y PROCESOS

La adecuada selección de los productos que vayan a ser elaborados pueden incrementar el volumen de la producción, aunque no varien las condiciones en los demás aspectos.

4 - FINANCIAMIENTO

Una apropiada fluencia de recursos monetarios puede permitir el uso óptimo de la capacidad de la planta.

5 - MEDIOS DE PRODUCCIÓN

Una maquinaria más apropiada puede llevar a un aumento en el producto, aunque las demás circunstancias permanezcan invariables.

6 - FUERZA DE TRABAJO

Un adiestramiento conveniente del personal puede mejorar la utilización del equipo e incrementar el volumen de la producción.

DISMINUCIÓN DEL INSUMO FÍSICO

Conociendo los planes de construcción de carreteras, la empresa puede aprovechar la ventaja de una localización de la producción que sea favorable para proveedores y consumidores y lograr así que el nivel del transporte sea mínimo

Mejorando el control de las operaciones, la empresa puede reducir la cantidad de materiales utilizados, el consumo de electricidad, etc

La adecuada planeación de los procesos puede disminuir los rechazos de los productos y el desperdicio de los materiales empleados

El equilibrio en las operaciones financieras permite a la empresa evitar inventerios excesivos

La adopción de medidas apropiadas y una conveniente disposición del equipo puede reducir las maniobras de los materiales.

La aplicación de medidas de seguridad puede reducir el consumo inadecuado de tiempo de trabajo y evitar perjuicios sociales.

7 - SUMINISTROS

La investigación para lograr suministros más adecuados puede traducirse en un aumento del volumen de la producción, aunque no cambien los otros factores

Una calidad conveniente de los materiales puede dar como resultado una disminución en el volumen de los materiales consumidos en la producción

8 - ACTIVIDAD PRODUCTORA

Una organización idónea de la producción puede servir para incrementar ésta sin cambios en los medios de producción o en el número de trabajadores

El control de los productos manufacturados de conformidad con normas de calidad fijas, puede reducir el volumen de los materiales consumidos en la producción.

9 -MERCADEREO

Una sana política de precios puede determinar la utilización óptima de la capacidad de producción de la planta.

Un mejoramiento de los métodos de distribución puede reducir las cuentas incobrables y otras pérdidas en las operaciones.

10 - CONTABILIDAD Y ESTADÍSTICA

Una apropiada asignación de los costos a los productos manufacturados puede dar lugar, a la larga a un incremento de las ventas y de la producción

La apropiada información sobre las transacciones puede reducir gastos de financiamiento y de distribución y otras pérdidas en las operaciones.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO INGENIERIA EN PRODUCCION

MOD. IV : DISEÑO DE SISTEMA DE PRODUCCION

TEMA: ANALISIS FACTORIAL

EXPOSITOR:

ING. DANIEL RODRIGUEZ RESENDIZ

ANALISIS FACTORIAL

MEDIO AMBIENTE

1.-¿ Teniendo en cuenta las cinco fuentes esenciales de aprovisionamiento y el transporte de los abastecimientos, es la ubicación de la planta

más favorable *menos favorable*

que las tres principales plantas competidoras?

2.-¿ Tomando en cuenta la localización de los principales mercados para la venta, esta ubicada la planta con relación a ellos

más favorable *menos favorable*

que las tres principales plantas competidoras?

3.-¿ Las actividades de la empresa se ven influidas

por estímulos legales *por restricciones legales?*

4.-¿ Tiene la empresa dificultades para financiar sus operaciones

ocasionadas por escasez de crédito
ocasionadas por las condiciones de los créditos?

5.-¿ Con respecto a las operaciones de la empresa en general, hay un notable

apoyo *o* *desaliento*

por parte de :- Las autoridades.
- La fuerza de trabajo.
- Los proveedores.
- Los consumidores.
- Los competidores.

ANALISIS FACTORIAL

PRODUCTOS Y PROCESOS

1.-¿ Por lo que toca a los productos manufacturados, haz una definición satisfactoria de los siguientes aspectos:

a las características de calidad que deben ser alcanzadas o conservadas.

a las características de precio.

al tamaño del lote de producción.

al empaque y otros medios similares para la presentación de los productos a los consumidores?.

2.-¿ Tomando en consideración los cinco principales productos competidores, a cuáles de ellos son superiores los productos de la empresa en el aspecto de

adaptabilidad en el uso del producto.

características específicas y notables del producto.

características específicas y notables del empaque?.

3.-¿ Durante los últimos tres meses ¿rehabido alguna de las quejas seria de algún consumidor con respecto a la calidad o confiabilidad de alguno de los productos manufacturados?.

4.-¿ Qué esfuerzos se hace para mejorar los productos en relación a

el costo de fabricación.

el diseño.

la durabilidad.

la apariencia y presentación por medio del empaque.

la facilidad de reparación

el servicio y mantenimiento.

5.-¿ Cuáles esfuerzos se hacen para mejorar la utilización

de los subproductos

de desperdicios y desechos?

ANALISIS FACTORIAL

FINANCIAMIENTO

1.-¿ Hay una política conciente en el empleo de fondos específicos *para las operaciones de la empresa como un todo, para determinar tipos de operaciones?*

2.-¿ Respecto a las fuentes de los fondos empleados, ¿ se halla una *ventaja* *desventaja*

notable al tratar con:

- Los accionistas.
- Los tenedores de obligaciones.
- Los bancos.
- otros acreedores?

3.-¿ Estima la dirección que la situación actual de los fondos de los fondos es

satisfactoria

no satisfactoria

con respecto a:

- La inversión fija.
- Los inventarios de materiales.
- De productos en proceso.
- La liquidez de los fondos.

4.-¿ Que clase de informes emite la dirección con objeto de controlar

la distribución de los fondos.

la efectividad en la utilización de los fondos?

5.-¿ Que clase de información emplea la dirección como base para sus presupuestos financieros?

ANALISIS FACTORIAL

CONTABILIDAD Y ESTADISTICA

1.-¿ La estructura de la organización contable es adecuadamente

satisfactoria

no satisfactoria

- Respecto a los requisitos que debe tener el personal.
- Respecto al número del personal.
- Respecto a los métodos contables usados.
- Respecto a los medios físicos empleados.

2.-¿ Los informes mensuales están disponibles

hasta el día 10 del mes siguiente.

hasta el día 20 del mes siguiente.

hasta el fin del mes siguiente?

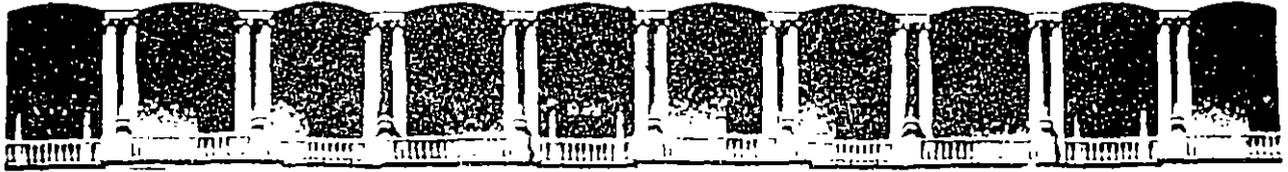
3.-¿ Muestra el estado contable mensual el número de las existencias de productos terminados y aun no vendidos?

4.-¿ El estado contable mensual revela el costo de la manufacturación

por departamentos de producción.

por productos manufacturados?

5.-¿ Qué parte dentro de la estructura organizacional actual es responsable de la ejecución de la auditoría?



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIPLOMADO "INGENIERIA DE PRODUCCION"

MOD. IV: DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

TEMA: REINGENIERIA .

ING. MARIA DE LOURDES ARELLANO BOLIO

1995.

REINGENIERIA DE PROCESOS

Antecedentes.

En los últimos años, las empresas de nuestro país han enfrentado presiones coyunturales de tipo competitivo y de productividad ante la inminente globalización de la economía y la apertura comercial.

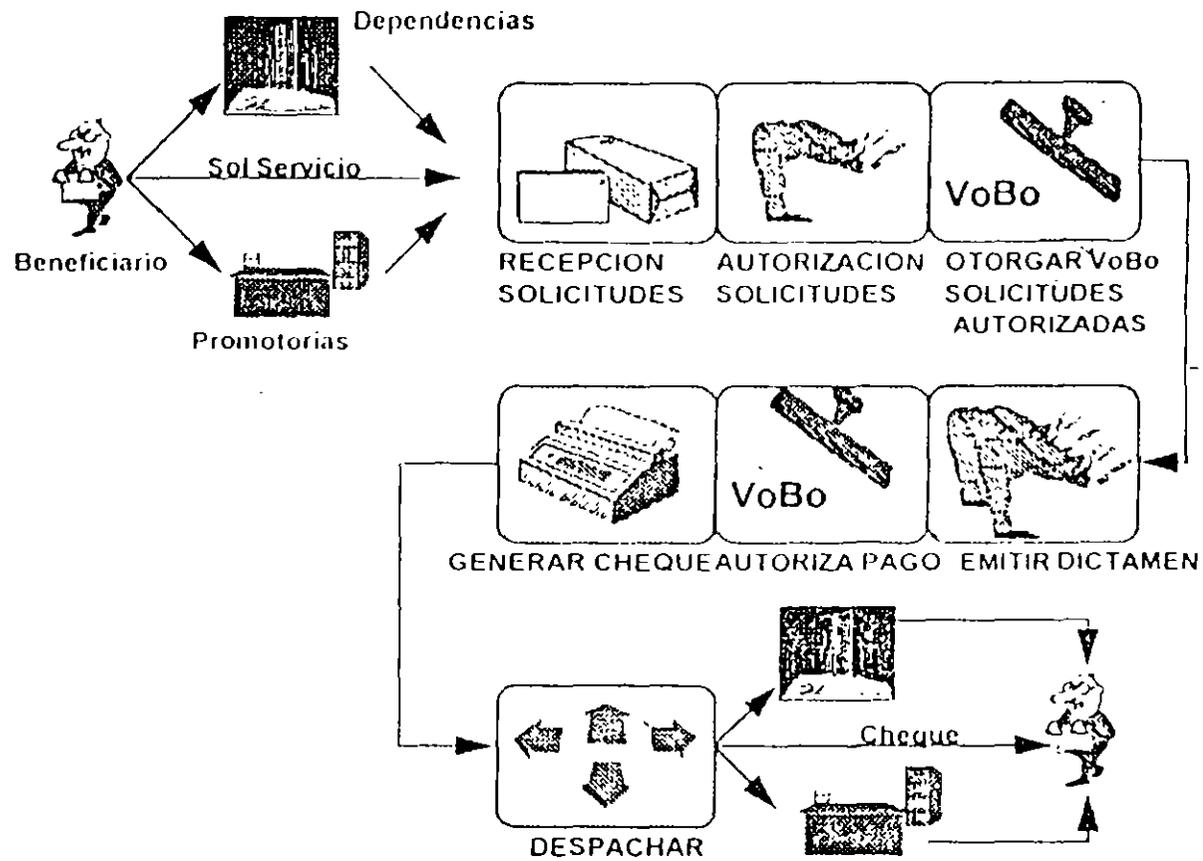
Sin embargo, a pesar de considerables esfuerzos en automatización y en implantar programas de calidad total, la gran mayoría de nuestras organizaciones no están preparadas para enfrentar la década de los noventa.

Las tecnologías informáticas no han traído las "impresionantes" mejoras que de ella se esperaban, sobre todo tomando en cuenta las "impresionantes" inversiones realizadas. Pareciera que hemos estado utilizando los sistemas computacionales para automatizar antiguos e ineficientes procesos organizacionales e industriales que datan de una década atrás o más. Estos procesos han sido saturados hasta el cansancio con automatización, dejando la esencia funcional del proceso intacta y sólo acelerando la generación de resultados e información marginal.

De igual manera, los programas de calidad se han enfocado a aspectos como productividad laboral, servicio al cliente, eliminación de jerarquías organizacionales, edición del desempeño y creación de climas organizacionales de confianza mutua entre empleados, clientes y proveedores; sin embargo, estos excelentes deseos de mejora continua se han topado con la infranqueable barrera de procesos anacrónicos que, sorprendentemente, han sobrevivido a las innumerables reestructuraciones y organismos empresariales.

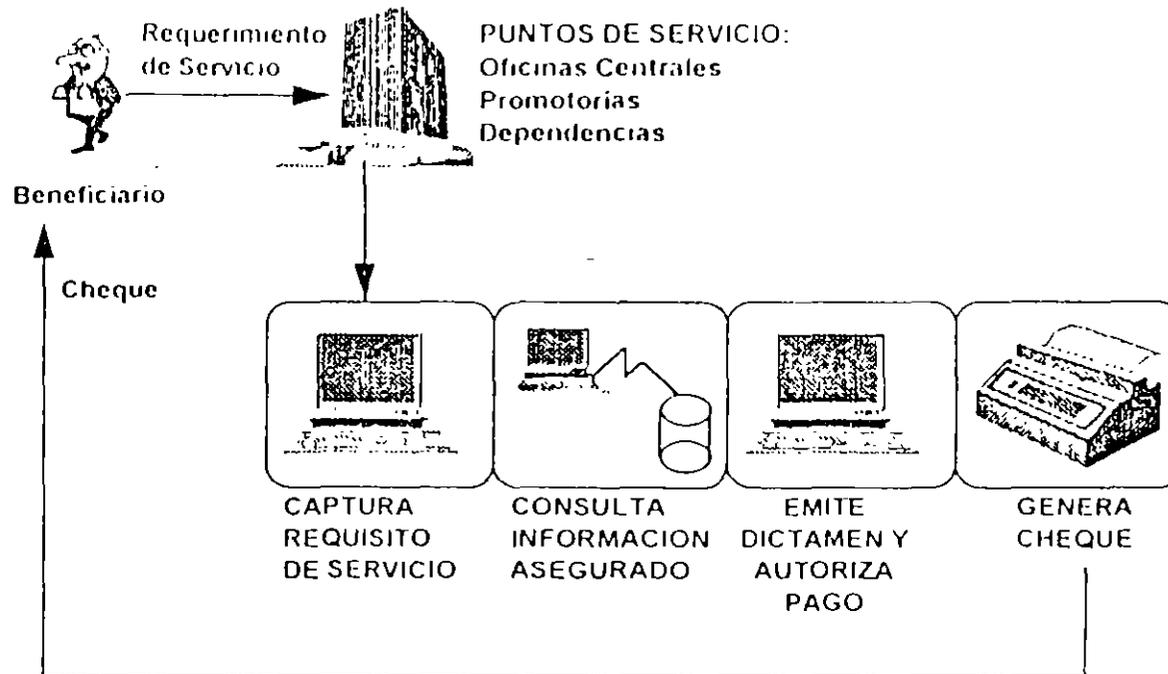
A través del concepto de reingeniería de negocios y de procesos, podemos tener una herramienta para el rediseño, enfocándonos a la idea de romper estructuras rígidas y viejas formas de conducir los procesos organizacionales.

PROCESO "PRE-REINGENIERIA"



Todo el servicio se desarrollaba en las oficinas centrales. Las actividades se encontraban altamente fragmentadas además de estar regidas por un excesivo número de controles.

PROCESO "POST-REINGENIERIA"



Ahora las promotorías y las unidades administrativas además de las oficinas centrales, atienden de manera directa e inmediata al usuario. Los controles fueron eliminados en su mayoría o bien se integraron a un sistema de información. La emisión del dictamen y la generación de cheques se realiza ahora de manera independiente. La estructura del área quedó reducida a dos niveles.

REINGENIERÍA

“El cuestionamiento fundamental y el rediseño radical del sistema organizacional total, incluyendo:

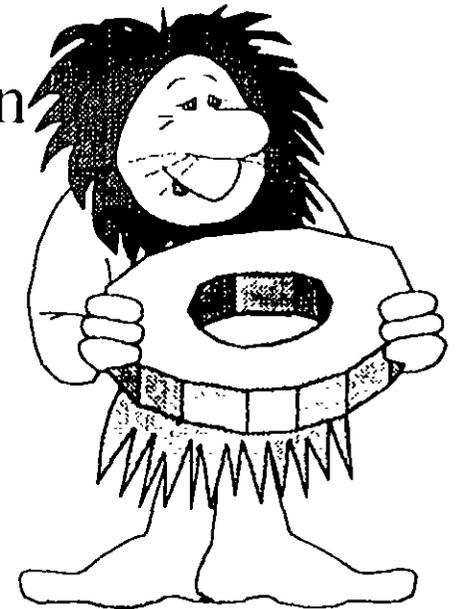
- Procesos de negocios
- Estructura organizacional
- Sistemas administrativos y de medición
 - Cultura empresarial

con objeto de lograr mejoras dramáticas en parámetros críticos de desempeño como lo son el costo, la calidad y servicio.”

Adaptado de Hammer y Champy

ESSENCIAS DE LA REINGENIERÍA

- Orientación a procesos
- Uso creativo de la Tecnología de Información
- Cuestionar reglas tradicionales de operación:
 - “Las decisiones de crédito son hechas por el departamento de crédito...”
 - “Se necesita inventario local para ofrecer un buen servicio...”
 - “Las formas deben ser llenadas completamente y en orden..”
 - “Ambos capturamos, procesamos y luego conciliamos...”



EL OBJETIVO DE LA REINGENIERIA DE PROCESOS ES EL ENTENDIMIENTO DE COMO FUNCIONA EL NEGOCIO E IDENTIFICAR OPORTUNIDADES DE INNOVACION PARA EL LOGRO DE MEJORAS INTEGRALES

Entender el Negocio

- Visión, estrategia y objetivos de la organización y de las unidades y funciones individuales
- El objetivo y costo estratégico de sus principales procesos básicos
- La relación interfuncional de procesos
- La efectividad en el servicio a los clientes de cada proceso y subproceso

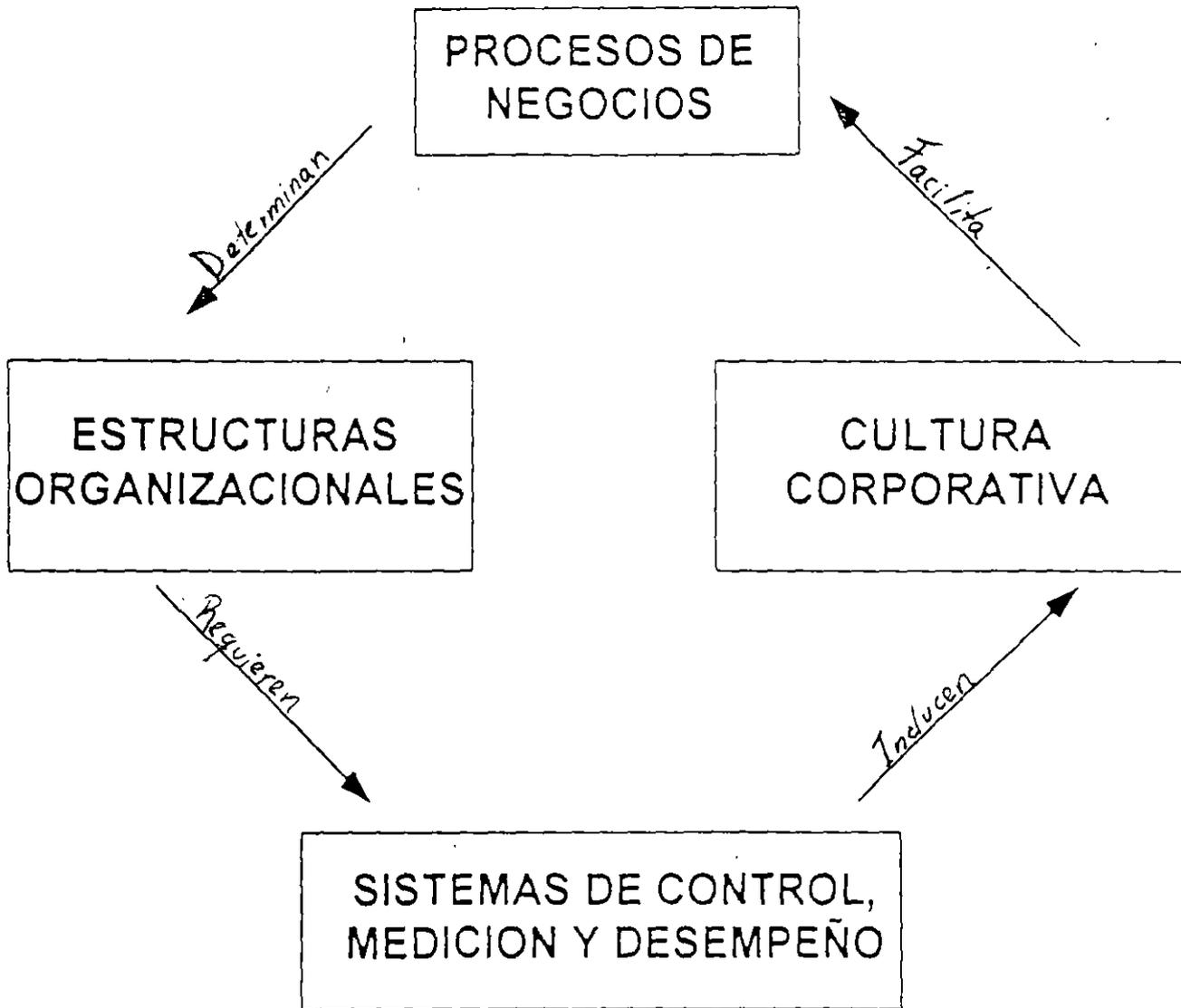
Identificar Oportunidades de Innovación

- Obteniendo: reducciones radicales en costos, mejoras impactantes en calidad y servicio
- Previendo : cambios estructurales, organizacionales y tecnológicos

Lo que NO es la Reingeniería de Procesos

- ① **AUTOMATIZACION:** Automatiza los procesos anacrónicos existentes proveiendo medios más eficientes de realizar tareas innecesarias.
- ② **REINGENIERIA DE REVERSA:** Reconstruye Sistemas de Información obsoletos con tecnología moderna.
- ③ **REESTRUCTURACION:** Ajusta la estructura organizacional existente sin conciencia de los impactos que se pueden tener en los, seguramente, anacrónicos procesos.
- ④ **CALIDAD TOTAL:** Trabaja dentro del ambiente de los procesos existentes y busca lograr una mejora incremental continua. Trata de hacer lo que actualmente se realiza, sólo que mejor.
- ⑤ **"DOWNSIZING":** Implica hacer menos con menos.
- ⑥ **METODOS Y PROCEDIMIENTOS:** Documenta los procesos anacrónicos actuales sin cuestionar su eficiencia o su razón de existencia.

El "Diamante" Organizacional



EL ENFOQUE DE PROCESOS

- Los procesos son el corazón de las organizaciones, el cómo una compañía crea o provee valor a sus clientes.
- En la organización tradicional (funcional), los procesos están fragmentados, son desconocidos, sin nombre y sin responsables.
- El pensamiento de procesos es diferente: es interfuncional y orientado a resultados, demandando un nuevo vocabulario y una nueva perspectiva
- La perspectiva de procesos es básica para orientarse al cliente, para la calidad, flexibilidad, velocidad y servicio
- La piedra angular de la administración de un negocio es la administración de procesos clave
- La compañía se define no por sus productos y servicios, sino por sus procesos.

LOS 7 ELEMENTOS CLAVE DE LA ORGANIZACION HORIZONTAL

- 1. ORGANIZARSE ALREDEDOR DE LOS PROCESOS, NO DE LAS TAREAS**
En lugar de crear una estructura alrededor de funciones, estructurar alrededor de sus 3 a 5 “procesos clave”, con metas específicas de desempeño. Asignar un “dueño” a cada proceso.
- 2. ESTABLECER JERARQUIAS PLANAS Y ESBELTAS**
Para reducir supervisión, combina tareas fragmentadas, elimina trabajo que no añade valor y nivelar las actividades de cada proceso/subproceso al mínimo. Usar el menor número de equipos posibles para ejecutar un proceso completo.
- 3. UTILIZAR EQUIPOS DE TRABAJO PARA MANEJAR TODO**
Hacerlos la piedra angular de la organización. Dejarlos autoadministrarse, haciéndose responsables de las metas de desempeño establecidas.
- 4. PERMITIR AL CLIENTE “MANEJAR” EL DESEMPEÑO DEL PROCESO**
Dejar que la satisfacción del cliente sea el catalizador de desempeño mas que la misma rentabilidad del negocio.

LOS 7 ELEMENTOS CLAVE DE LA ORGANIZACION HORIZONTAL

... Continuación

5. RECOMPENSAR DESEMPEÑO DEL EQUIPO

Y no solo desempeño individual. Motivar al personal a desarrollar capacidades múltiples mas que conocimiento especializado.

6. MAXIMIZAR CONTACTO CON CLIENTES Y PROVEEDORES CLAVE

Hacerlo una práctica regular. Integrarlos a equipos cuando sea de provecho para ambas organizaciones.

7. INFORMAR Y ENTRENAR A TODOS LOS EMPLEADOS

No entregar solo información filtrada en base a necesidades específicas. Confiar en ellos entrenándolos en cómo usar información cruda llevando a cabo sus propios análisis y decisiones.

VALORES Y CREENCIAS

TRADICIONALES

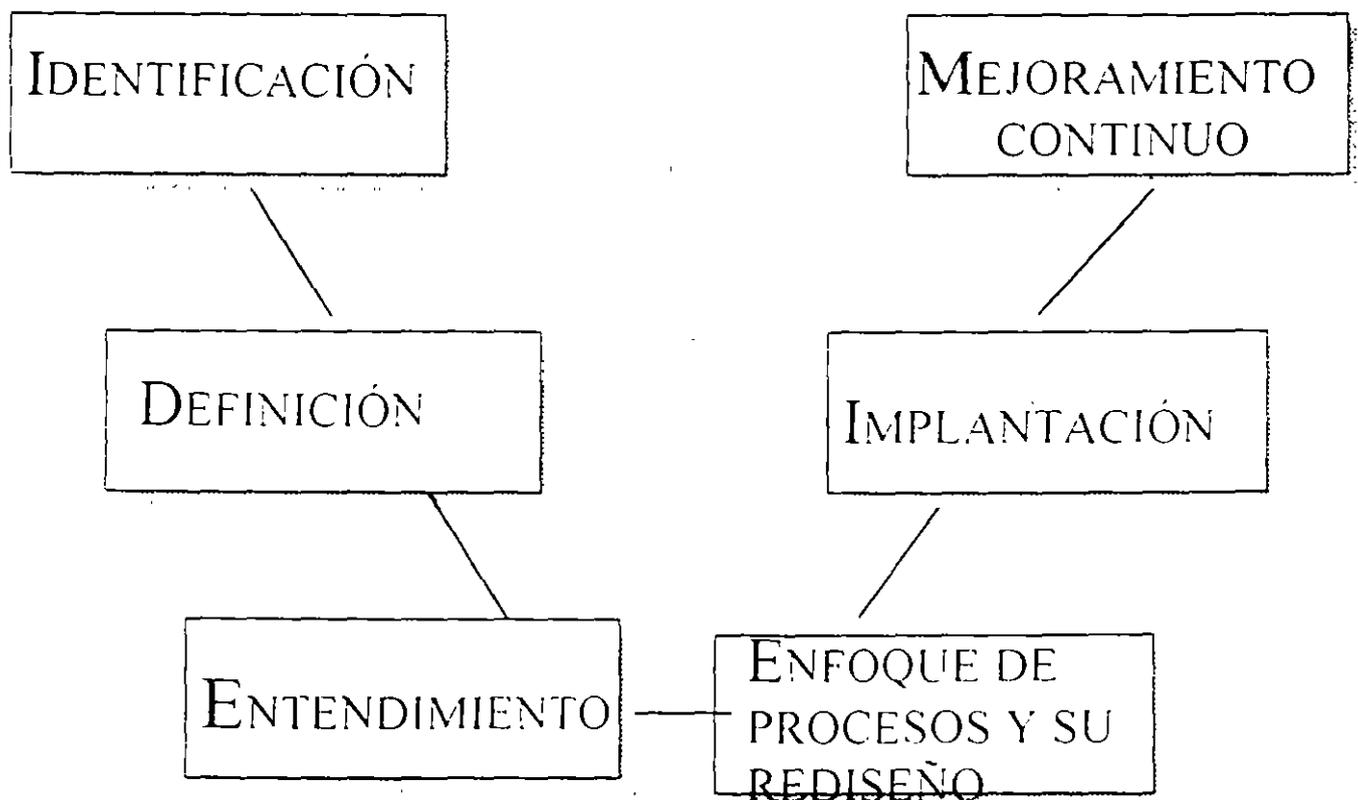
- El jefe me paga mi sueldo
- Mi trabajo no es importante
- La operación es rutinaria e intrascendente
- Pasa la bolita (alguien más tiene la culpa)
- Triunfas creando feudos grandes
- Nuestro nombre e historia nos hacen grandes

MODERNAS

- El cliente permite la supervivencia del negocio
- Soy parte de un equipo que impacta
- La operación es la piedra angular de la organización
- La bolita se para aquí
- Triunfas con resultados en equipo
- La historia quedo atrás, tenemos que seguir avanzando.

M E T O D O L O G I A

FASES DE LA METODOLOGÍA DE REINGENIERÍA



ETAPA I.-IDENTIFICACION

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
PERFIL CORPORATIVO	Definición de objetivos y estrategias corporativas Valoración de expectativas
PERFIL DEL AREA BAJO ESTUDIO	Razgos organizacionales, culturales y tecnológicos Análisis situacional Proyectos y programas anteriores Valoración de expectativas
IDENTIFICACION DE CLIENTES	Clientes internos y externos Areas de Resultados Parámetros de medición Niveles de Servicio

ETAPA II.- DEFINICION

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
INVENTARIO DE PROCESOS	Arbol de procesos básicos y subprocesos
RELACION CLIENTES VS PROCESOS	Matrz Clientes-Procesos Identificación de posibles problemas y áreas de oportunidad
RELACION PROCESOS VS FUNCIONES	Responsabilidad e involucramiento interfuncional
INVENTARIO DE ELEMENTOS INSTRUMENTALES	Catálogo de políticas, normas, estándares, controles, formatos, archivos, etc
RELACION CLIENTES , PROCESOS VS ELEMENTOS INSTRUMENTALES CRITICOS	Soporte instrumental de procesos y sensibilización de ambiente de servicio
IDENTIFICACION DE PROCESOS CRITICOS	Gnd de Priorización de Procesos en base a su contribución estratégica y su oportunidad de optimización.

DIMENSIONES Y TIPOS DE PROCESOS

PROCESOS	EJEMPLO TIPICO	ROL DE INFORMATICA
Entidades		
Interorganizacionales	Orden de un proveedor	Disminuir costo de transacción
Interfuncionales	Desarrollar un producto nuevo	Apoyo en coordinación; Simultaneidad
Interpersonales	Aprobar un préstamo bancario	Integración de roles y tareas
Objetos		
Fisicos	Manufacturar un producto	Incrementar flexibilidad en resultados; control de proceso
Informacionales	Crear una propuesta	Rutinizar decisiones
Actividades		
Operacionales	Llenar una orden	Reducir tiempo y costo; incrementar calidad en salida
Administrativas	Desarrollar un presupuesto	Mejorar el análisis

DIMENSIÓN EN LAS **PRIORIDADES DE LOS** **PROCESOS**

- **Contribución Potencial del Proceso a la Estrategia**
 - Alineación con la visión corporativa
 - Mejora en el servicio al cliente
 - Impacto en programas de calidad
 - Impacto en ingresos o rentabilidad
 - Cumplimiento de obligaciones
- **Oportunidades para Innovar/Mejorar el Proceso**
 - Impacto global en gastos
 - Eliminación de actividades marginales
 - Simplificación de Procedimientos
 - Automatización u otras tecnologías
 - Outsourcing

ETAPA III.- ANALISIS

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
PRIORITIZACION DE PROCESOS	Establecimiento del programa de trabajo en base a los procesos seleccionados
BENCHMARKING	Medidas relativas de desempeño en organizaciones relacionadas
DIAGRAMAS DE SINTESIS	Perfil grafico de procesos criticos
ANALISIS DE FLUJO DE TRABAJO	Diagramas de flujo, narrativos, estadísticas operativas y análisis matricial. Perfiles analíticos y descriptivos de puestos

ETAPA IV.-REINGENIERIA

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
IDENTIFICAR ASPECTOS CRITICOS DE PROCESOS	Perfil estratégico de procesos Entender costos e impactos en niveles de servicio Identificación de síntomas operativos
REINGENIERIA PRINCIPIOS CREATIVIDAD PENSAMIENTO LATERAL	Ideas de mejora
HERRAMIENTAS SIMPLIFICACION OPTIMIZACION DE ESTRUC AUTOMATIZACION REASIGNACION DE RECUR OUTSOURCING CENTRALIZAR DECENTRALIZAR	Proyectos y programas de mejora

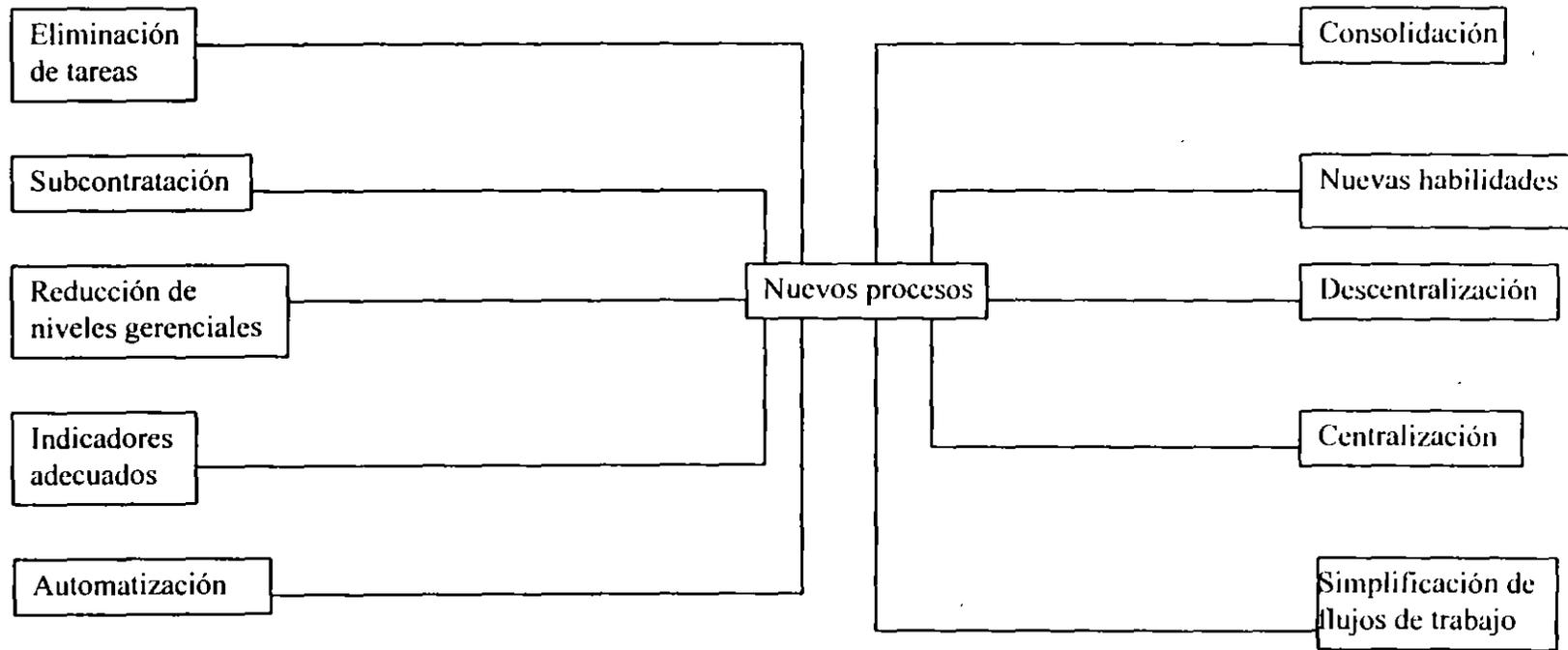
PRINCIPIOS DE REINGENIERIA DE PROCESOS

- I. ORGANIZARSE ALREDEDOR DE LOS PRODUCTOS FINALES,
NO DE LAS TAREAS
- II. DEJAR QUE AQUELLOS QUE USAN LA SALIDA DEL PROCESO,
LLEVEN A CABO EL PROCESO
- III. COMBINAR LA PRODUCCION Y PROCESAMIENTO DE INFORMACION,
SIEMPRE QUE SEA POSIBLE
- IV. TRATAR RECURSOS GEOGRAFICAMENTE DISPERSOS COMO SI
ESTUVIERAN CENTRALIZADOS
- V. SIEMPRE QUE SEA POSIBLE, EJECUTAR EN PARALELO ACTIVIDADES
Y PROCESOS
- VI. PONER EL PUNTO DE DECISION DONDE EL TRABAJO ES LLEVADO A CABO,
Y CONSTRUIR CONTROLES DENTRO DEL PROCESO
- VII. CAPTURAR LA INFORMACION UNA VEZ Y EN LA FUENTE

PRINCIPIOS DE REINGENIERIA DE PROCESOS

- VIII. LIGAR COMPENSACION A MERITOS Y LOGROS MAS QUE A LA POSICION EN LA JERARQUIA
- IX. MINIMIZAR TAREAS QUE NO CONTRIBUYAN A GENERAR VALOR AGREGADO A CLIENTES EXTERNOS O INTERNOS
- X. LOS NUEVOS PUESTOS Y EQUIPOS DE TRABAJO MANEJARAN PROCESOS COMPLETOS
- XI. APOYAR CON TODOS LOS RECURSOS POSIBLES A LOS PUESTOS Y ACTIVIDADES QUE TENGAN CONTACTO CON LOS CLIENTES
- XII. ESTABLECER ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES POR PROCESOS ELIMINANDO AL MAXIMO LA BUROCRACIA JERARQUICA
- XIII. ELIMINAR ACTIVIDADES REDUNDANTES Y SIN VALOR AGREGADO
- XIV. REINVERTIR TIEMPO AHORRADO EN NUEVAS ACTIVIDADES

AREAS DE OPORTUNIDAD DE MEJORA



CARACTERISTICAS DE ORGANIZACIONES POST-REINGENIERIA

- o Combinación de varios puestos en uno
- o Los protagonistas del proceso toman las decisiones
- o Secuencias paralelas en procesos
- o Múltiples versiones de procesos
- o El trabajo se hace en el lugar que tiene mas sentido hacerlo
- o Se reduce el uso exhaustivo de controles y conciliaciones
- o Un solo punto de contacto de los clientes con el proceso
- o Las operaciones combinan arquitecturas organizacionales centralizadas y descentralizadas

ETAPA V.- IMPLANTACION

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
IMPLANTAR MEJORAS	Procesos rediseñados
DOCUMENTACION	Manuales Electrónicos
MEDICION DE RESULTADOS	Reporte de variaciones "pre" vs "post"
EDUCACION	Formalización de nuevas operaciones

ENFRENTANDO LA RESISTENCIA AL CAMBIO

Razones de Resistencia

Pérdida de Control

Alta incertidumbre

Temores de posible incompetencia

Mas trabajo

Resentimientos Negativos

Acciones de Solución

Lograr involucramiento activo en el proyecto

Proveer de información completa

Entrenamiento adecuado

Reconocer, soportar y recompensar esfuerzo

Exponerlos y confrontarlos

E T A P A VI.- MEJORAMIENTO CONTINUO

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESULTADO</u>
PLAN DE MEJORA CONTINUA	Permear nuevos procesos y actividades en el trabajo diario
	Promoción del cambio continuo y bienvenida de nuevas ideas
	Especificar un "administrador de procesos"
	Reportes estructurados a la dirección
	Medición de avances en rendimiento

LOS 10 MANDAMIENTOS DE LA REINGENIERIA

I. LA EMPRESA EXTENDIDA

APOYO TECNOLÓGICO : SISTEMAS ABIERTOS

II. INTEGRACION DE FLUJOS DE TRABAJO

APOYO TECNOLÓGICO : INTERCONECCION

III. "EMPOWERMENT"

APOYO TECNOLÓGICO : COMPUTACION DISTRIBUIDA

IV. RESPUESTA INMEDIATA

APOYO TECNOLÓGICO : COMPUTACION EN TIEMPO REAL

V. COOPERATIVIDAD

APOYO TECNOLÓGICO : TECNOLOGIA CLIENTE-SERVIDOR

LOS 10 MANDAMIENTOS **DE LA REINGENIERIA**

VI. CREAR COMPROMISO

APOYO TECNOLÓGICO : PROTOCOLOS AMPLIOS DE RED

VII. INDEPENDENCIA ORGANIZACIONAL

APOYO TECNOLÓGICO: ARQUITECTURAS MODULARES Y ESTANDARES

**VIII. GENERALISTAS O ESPECIALISTAS DENTRO DE UN AMPLIO AMBITO
DE COMPETENCIA**

APOYO TECNOLÓGICO : SISTEMAS DE INFORMACION

IX. ACCESIBILIDAD Y APRENDIZAJE CONTINUO

APOYO TECNOLÓGICO : SISTEMAS AMIGABLES

X. INDEPENDENCIA DE TIEMPO Y LOCACION

APOYO TECNOLÓGICO : REDES GLOBALES

FACTORES CRITICOS DE EXITO

EN LA CONDUCCION DE PROYECTOS DE REINGENIERIA

- 1. Tener el consentimiento de la alta dirección**
- 2. Enfatizar los beneficios inmediatos**
- 3. Tener presente que la comunicación con los involucrados es crítica**
- 4. Obtener apoyo de externos especialistas en reingeniería**
- 5. Involucrar a la gente de informática**
- 6. Medir proceso actual y resultados obtenidos**
- 7. Pensar en grande. Arrancar modularmente.**

FACTORES CRITICOS DE EXITO

EN LA CONDUCCION DE PROYECTOS DE REINGENIERIA

- 8. Enfocarse a procesos más que a estructuras**
- 9. Entender la cultura de la organización pero evitar que se convierta en restricción ineludible**
- 10. Tener el consentimiento de la alta dirección**
- 11. El líder del esfuerzo debe entender que es la reingeniería**
- 12. Concentrarse tanto en el diseño como en la implantación**
- 13. No tratar de tener contento a todo mundo**
- 14. Utilizar una metodología estandard y un software especializado**

REDISEÑO EMPRESARIAL y TECNOLOGÍA

Juan J. Carreón

Un Estado del Arte Borroso

La competencia por acuñar nuevos términos en lo que corresponde a la jerga de los gurús organizacionales, aunque se refieran a viejas realidades, no tiene fin, de modo que a expresiones, tales como las de organizaciones de aprendizaje (learning organizations), rediseño del proceso de la organización (business process reengineering), arquitecturas organizacionales sólidas, competencia con base en tiempo, y apalancamiento con base en las competencias centrales de la organización, inclusive, ahora se suma la de "valorar a los rebeldes y sabotadores de las organizaciones".

Tales términos aglutinan diversos enfoques; algunos enfatizan el papel del aprendizaje como esencial para el éxito de las organizaciones, tal es el caso del de Peter Senge, director del programa Aprendizaje organizacional y sistemas de pensamiento del MIT, quien mediante ejercicios y juegos fuerza a los participantes a enfrentar de forma diferente los problemas empresariales. Por su parte, el rediseño del proceso de la organización, según el exprofesor de ciencias de la computación del MIT, Michael Hammer, tiene como propósito nada menos que un cambio organizacional masivo, según quien, es necesario repensar y rediseñar radicalmente el sistema de la empresa, pues urge una revisión del diseño de los puestos, de las estructuras organizativas y de los sistemas de dirección, a fin de organizarlos alrededor de los productos, en lugar de lo usual, es decir, entorno a tareas y funciones (fig. 1). De ahí que proponga que las empresas se organicen tomando como punto de giro al producto, tal como sería cumplir con el pedido de un cliente, en lugar de una organización por departamentos funcionales, como son los de finanzas y mercadotecnia.

Resumen

Entre las propuestas provenientes de algunos de los nuevos gurús del "management" destaca la denominada "rediseño del proceso de la organización" (business process reengineering) de Michael Hammer. Dicha metodología tiene como propósito, nada menos, que un cambio organizacional masivo; según quien, es necesario repensar y rediseñar radicalmente el sistema de la empresa, pues urge una revisión del diseño de los puestos, de las estructuras organizativas y de los sistemas de dirección, básicamente alrededor de los productos y servicios, en lugar de lo usual, es decir, con respecto a tareas y funciones.

Una arquitectura organizacional sólida es el principal precepto de la filosofía de David Nadler, quien busca mediante análisis, cómo las actividades, el personal y las estructuras formales e informales coinciden entre ellas para alcanzar la misión de una empresa, por lo que da prioridad a la autonomía de los equipos de trabajo y a las alianzas estratégicas, lo cual está detrás de la gran reorganización que llevó a cabo Xerox durante 1992.

La competencia con base en tiempo, es el término que emplea George Stalk para designar la velocidad en la respuesta de las empresas a las demandas del mercado, y que a la vez considera como el factor más decisivo de competitividad, de ahí que señale la relevancia de las empresas para que atiendan a los ciclos temporales de cada proceso.

El profesor de la Universidad de Michigan, C. K. Prahalad, según Byrne (1), renueva la estrategia corporativa mediante centrarla alrededor de sus "competencias esenciales"; es decir, lo que la empresa hace mejor, y con base en lo cual, además de apalancar (leverage) sus estrategias, desarrolle futuras competencias.

Tom Peters, coautor de en *Busca de la excelencia* (y quizá recordando las indicaciones de George Bernard Shaw de que el progreso dependería

de los hombres pocos razonables), después de haber editado en 1987 *Prosperando en medio del caos*; ahora en su libro más reciente, *La gerencia de la liberación; desorganización necesaria para los nanosegundos de los noventa*, postula que los mejores modelos para las organizaciones del futuro son las de consultores y las publicitarias, ya que en ellas el trabajo se desempeña mediante proyectos realizados por equipos interfuncionales, integrados por personal que emplea el conocimiento del grupo para satisfacer las necesidades de clientes visibles.

De ahí, que según él, los cambios económicos, de un mundo en el que los recursos naturales eran claves a otro en el que la información y el conocimiento son decisivos, hacen que los directivos, al tener que actuar más como consultores tengan que proponer proyectos innovadores, los que por principio desafíen todas las reglas.

Transformar a Adam Smith

El conjunto de principios que durante más de dos siglos constituyeron la estructura, administración y desempeño de las empresas norteamericanas, ha alcanzado la fase de rendimientos decrecientes; de ahí la necesidad de transformarlos, según Michael Hammer y James Champy (2), pues la otra opción sería el cierre de las empresas.

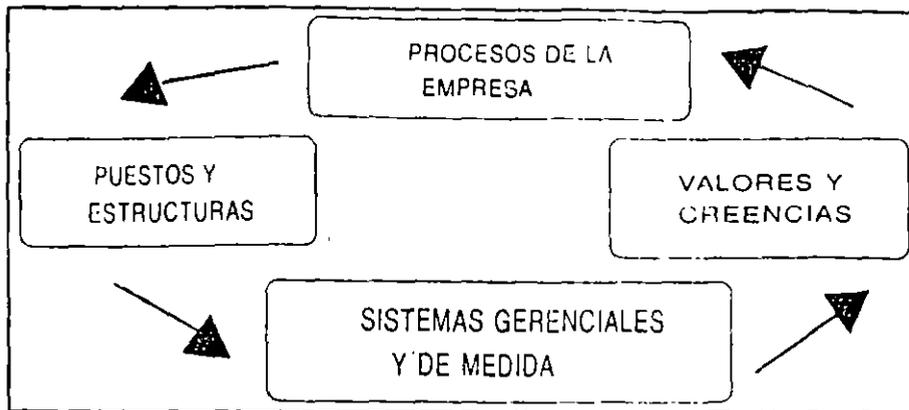


Figura 1

En Norteamérica, los empresarios, ejecutivos y directivos crearon y operaron empresas que durante más de cien años cubrieron las demandas de la producción en masa, estableciendo estándares para el resto del mundo de los negocios, lo que de acuerdo con dichos autores, ya no es el caso, pues el problema de la empresa estadounidense es que está llegando al siglo XXI con organizaciones diseñadas durante el XIX.

De ahí que el tema empresarial más importante sea el rediseño radical de los procesos, la organización y la cultura de las empresas: el rediseño de estas cambiará desde los cimientos el desarrollo de empresas que fue establecido a partir del descubrimiento de Adam Smith acerca de la necesidad del desmenuzamiento de las actividades industriales hasta sus aspectos más simples y básicos, ya que la empresa postindustrial se ha fundado y construido alrededor de la reunificación de dichas tareas en procesos coherentes de negocios.

Las técnicas para lograr tal reunificación es lo que se denomina "rediseño de negocios" (*reengineering*), lo cual es a la transformación empresarial lo que la especialización fue a la Revolución Industrial; de ahí que este rediseño signifique apartarse, en buena medida, de la sabiduría convencional creada a lo largo de más de doscientos años de administración industrial, y apoyarse, en cambio, en las características que tradicionalmente han hecho de los estadounidenses grandes innovadores: el individualis-

mo, la autoconfianza, el deseo de aceptar riesgos y la propensión al cambio.

Con base en el concepto del "pensamiento discontinuo", al identificar y abandonar reglas obsoletas y presupuestos fundamentales subyacentes en la operación tradicional de la empresa, como las de que "los clientes no reparan su propio equipo", "los almacenes locales son necesarios para un buen servicio", o que "las decisiones de mercadotecnia se realizan en los cuarteles generales de las empresas", que se apoyan en presupuestos acerca de la tecnología, la gente y las metas organizacionales, ya insostenibles.

Desde una década atrás, algunas empresas mejoraron sustancialmente su desempeño en diversas áreas de sus negocios al transformar los modos de funcionamiento, más que cambiando el giro de los negocios, al alterar los procesos que seguían en ellos o, inclusive, reemplazándolos por completo. Al mismo tiempo, personajes como Hammer y su colega Champy, al tratar, mediante desarrollar nuevas técnicas, de que sus clientes sobrevivieran y progresaran en el severo clima de una creciente competencia, vieron la necesidad de considerar los procesos subyacentes a la departamentalización funcional, tarea extremadamente difícil para las corporaciones comprometidas durante muchos años con los métodos tradicionales de organización.

Hammer y Champy, entienden el proceso como el conjunto de actividades que como tal produce un resultado

o valor para el cliente, por ejemplo, el desarrollo de un nuevo producto. Estos asesores descubrieron que dicho cambio era acompañado casi siempre por transformaciones en la forma y las características de las partes de la organización involucradas en la realización de dichos procesos; además, de que para generar transformaciones exitosas, las empresas empleaban, conscientemente o no, una serie de técnicas y tácticas comunes.

La esencia de esas surgió a partir de preguntar el por qué de cada actividad, más que cómo hacerla más rápido, mejorarla o reducir su costo, resultando que muchas actividades obedecían más a necesidades internas de la organización que a necesidades de los clientes, es decir, productos de calidad a mejor precio y servicio. De ahí que la orientación al proceso, al concentrarse de principio a fin, en la creación de valor para los clientes, tiene efectos radicales.

Arriba los Procesos Abajo los Departamentos

Los procesos, no las organizaciones, son objeto del rediseño, por lo que las empresas no rediseñan sus departamentos de ventas o de manufactura, sino lo que se hace en ellos.

La confusión entre unidades organizacionales y procesos proviene de que en cuanto a objetos del rediseño, los departamentos, divisiones y grupos en las empresas son familiares a la mayoría de la gente, sin embargo, los procesos no lo son. Mientras las líneas jerárquicas son claras en los diagramas organizativos de las empresas y tienen nombres las unidades organizativas, la mayoría de las veces los procesos carecen de ellos.

Sin embargo, las empresas están integradas por procesos, ya que es lo que hacen; los procesos en las empresas corresponden a sus actividades esenciales, aunque a menudo estén ocultos dichos procesos por las estructuras organizacionales, así como

invisibles e Innombrados debido a que se piensa más en términos de departamentos Individuales que en los de los procesos que involucran, de ahí que estos tiendan a ser ingobernables, puesto que nadie en las empresas está a cargo de la totalidad de un proceso.

La mejor manera de manejar los procesos que le dan sentido a una organización es darles nombres que expresen sus estados iniciales y finales, abarcando las actividades entre dichos estados; así en lugar de manufactura, lo que suena como a un departamento, tendría que llamarse proceso de "abastecimiento a embarque"; otros cambios en nombres de procesos recurrentes, serían el de desarrollo de productos por el de "concepto a prototipo"; el de ventas por el de "prospección a pedidos"; el de llenado de pedidos por el de "pedidos a pagos", y el de servicio por el de "consulta a solución".

Así como las empresas tienen diagramas de organización, podrían disponer de mapas de procesos donde visualizar los flujos de actividades a través de las organizaciones, los que además crearían una ayuda para que el personal se refiera al diseño (fig. 2).

Una vez que sean identificados y mapeados, decidir cuáles rediseñar y en qué orden, no es un elemento trivial del rediseño, ya que ninguna empresa es capaz de rediseñar simultáneamente todos sus procesos de alto nivel, lo que obliga a aplicar tres criterios: el de disfunción, contestando ¿cuáles procesos tienen las mayores dificultades?; el de importancia, ¿cuáles los mayores efectos en los clientes de la empresa?; y el de plausibilidad, ¿cuáles son más susceptibles de un rediseño exitoso?

Una vez seleccionado un proceso, nombrado un

responsable de él y convocado un equipo para emprender el rediseño, la primera tarea de dicho equipo es comprender el proceso existente a un nivel de intuición, y de crear un diseño totalmente nuevo y superior. Comprender un proceso es cuestionar sus supuestos; es explicar qué produce el proceso del cliente con un determinado producto del nuestro.

De ahí que el mejor lugar para que un equipo de rediseño lo inicie es por el lado del cliente, contestando preguntas tales como: ¿cuáles son los verdaderos requerimientos del cliente?, ¿qué dicen que quieren y qué realmente necesitan?, ¿cuáles sus problemas?, y ¿qué procesos realizan con nuestro producto?

Si la meta del rediseño es crear un proceso que satisfaga mejor las necesidades del cliente, es muy importante que el equipo de rediseño entienda dichas necesidades, lo cual no significa preguntárselas, ya que contestarán exclusivamente lo que los clientes piensan de tales necesidades, lo que sólo conduciría a cambios incrementales de los procesos existentes.

Es mejor trabajar inicialmente los propios ambientes de los clientes, mediante observar y hacer lo que hacen los clientes en sus procesos, y así determinar sus qués y por qués a fin de pasar rápidamente al rediseño.

Enredarse con los Clientes

Colocar al cliente en primer lugar, crea nuevos desafíos y oportunidades para empresas que desarrollan sistemas de información. Para ello, un paso importante es orientar los sistemas de información más hacia el cliente, y reorganizar a la empresa a lo largo de ejes que den prioridad a la satisfacción del cliente, o sea que el sistema de información interno de la empresa se conecte a los sistemas de información de los clientes, al grado de que las facturas sean pagadas electrónicamente.

El paso del "intercambio electrónico de datos" a la "integración electrónica de datos" ha llevado a clientes de empresas, como la Roadway Express, Akron, Ohio, cuyo giro es el de transportes, a ordenar pagar electrónicamente a través de extensiones del sistema de información interno de la propia empresa.

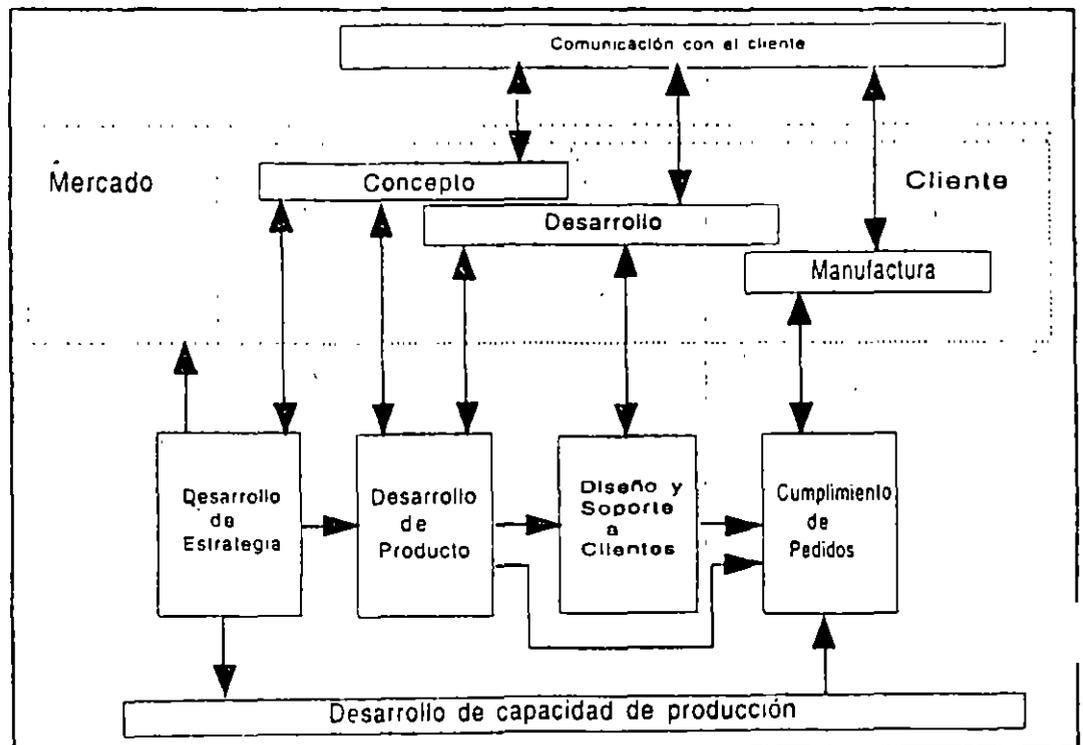


Figura 2.- Mapa de proceso

A medida que se establecen vínculos intraempresas, existen menos incentivos que evitan la emigración de la clientela; lo mismo sucede al incrementar la información de los proveedores acerca de los planes futuros de los clientes, en la búsqueda de más eficiencia y calidad, después de rediseñar los procesos internos de una empresa, el siguiente paso es rediseñar a través de las fronteras corporativas, lo que implica establecer alianzas entre el sistema de información de un proveedor y el del cliente (fig. 3).

Mediante estrechos vínculos de intercambio electrónico intracorporativo, se incrementa la eficiencia y se hace a las empresas más sensibles a las demandas de los clientes; por lo mismo, las empresas requieren reorganizarse con base en la meta de lograr que los departamentos colaboren en la satisfacción del cliente, al implantar sistemas de negocios a gran escala.

De lo anterior, el rediseño implica desarrollar nuevos sistemas de operación, nuevas herramientas para construir un sistema que apoye a los nuevos métodos, así como una dirección que transforme los métodos de trabajo y los integre al nuevo sistema.

Hasta ahora, sólo la mayor parte de los métodos habituales de integración implican únicamente el desarrollo de nuevas herramientas, pero si las empresas desean sobrevivir, requieren el proceso completo de rediseño. De ahí que la tecnología de la información sea el tema más importante para los negocios; asimismo, es crítico poner la información a disposición de los tomadores de decisión, a todos los niveles de la organización; por consiguiente, la tecnología de representación y la de del intercambio electrónico de datos son dos tecnologías críticas para los sistemas de información, ya que la primera rompe los límites entre las empresas y la de representación permite el uso simultáneo de la información.

De acuerdo con el grado de reto técnico y de complejidad empresarial,

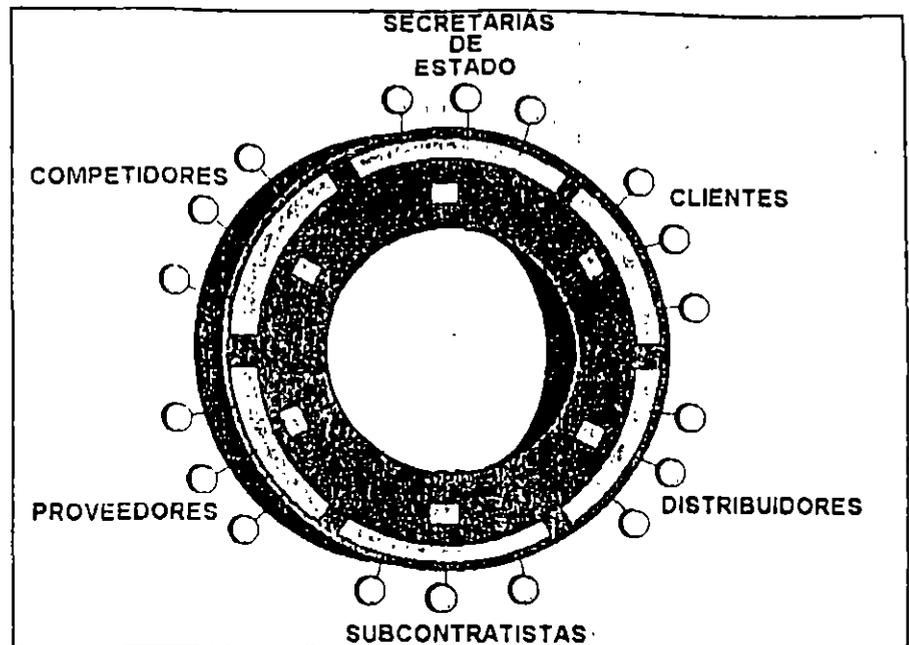


Figura 3

Hammer ha jerarquizado los tipos de desarrollo de los sistemas de información en cuatro categorías al combinar el desafío técnico y la complejidad organizativa. Cuando los niveles son elementales en ambas categorías, surgen los sistemas tradicionales; entre los que se encuentran los de contabilidad, nóminas, y los de bases de datos en aplicaciones sencillas. Estos sistemas, habitualmente no despiertan el interés de investigadores o de editores.

Sistemas más interesantes implican un elevado grado de complejidad técnica, a los que dicho consultor denomina, "sistemas de alta tecnología", y a los de elevada complejidad organizativa, "sistemas intensivos en organización", y a los que implican niveles elevados de ambas variables, "sistemas imposibles", por tanto, los elimina de cualquier consideración ulterior.

Los sistemas de alta tecnología, al ser redes masivas, o avanzados modelos de procesamiento cliente/servidor, entre otros demandantes desafíos técnicos, se resuelven sin recurrir al conocimiento implicado en la información que apoyan; en cambio, los sistemas intensivos en organización transforman la manera en que la empresa hace negocios, al requerir una

interacción intensa con el usuario, actuar a través de fronteras funcionales, crear ventajas estratégicas, y transformar a la empresa.

Reglas por Romper

Resulta indispensable un cambio de visión respecto a la tecnología de información en aquellas empresas que buscan rediseñar sus procesos productivos, lo cual no debe confundirse con automatizar (fig. 4), y menos aún con el método de buscar problemas para encontrarles solución tecnológica.

La tecnología de información actualizada mediante los avances del estado del arte juega en papel central en el rediseño de empresas por ser un factor esencial. Sin embargo, dicho papel frecuentemente es mal comprendido, lo que conduce a que al no utilizarse esa tecnología adecuadamente, se bloqueen los objetivos de rediseño al reforzar formas de pensamiento y comportamiento obsoletos (3).

Reconocer el poder inherente de la tecnología actualizada de información, así como visualizar su aplicación requiere que los directivos de las organizaciones aprendan a pensar

inductivamente; es decir, que desarrollen la habilidad de reconocer una solución poderosa, y luego buscar los problemas que ésta podría resolver, los cuales son desconocidos para la mayoría de las empresas. Estas más que preguntarse, cómo cierta tecnología podría mejorar lo que ya se hace, deben interrogarse acerca de cómo permitiría hacer cosas que actualmente no se producen.

Aun Thomas J Watson Sr., fundador de IBM, fue víctima del pensamiento inmediatista, cuando proclamó que la demanda mundial de computadoras jamás pasaría de las cincuenta unidades. Veinte años más tarde, los productores de mainframes y los directivos corporativos calificaron de juguetes a las minicomputadoras, lo que se repitió con la computadora personal diez años después cuando volvieron a afirmar: ¿si grandes máquinas cubren nuestras necesidades, para qué necesitamos otras más pequeñas? La respuesta es que el poder de las minis, y luego de las PCs, no reside en hacer lo que las grandes, sino en originar un nuevo tipo de aplicaciones.

Pensar en la tecnología deductivamente, y desatender lo importante en ella, es centrarse en tecnologías y aplicaciones triviales. En cambio, crear usos para una nueva tecnología es crear una nueva oferta y su correspondiente demanda, como había observado el economista francés, Jean Baptiste Say, desde principios del siglo XIX. Alan Kay, a quien se le atribuye la creación de la computadora personal afirma, "las tecnologías im-

portantes, primero crean un problema, y luego lo resuelven".

El poder de la tecnología no es mejorar viejos procesos, sino romper las reglas que aprisionan las formas de desempeñar el trabajo, mismas que impiden a las organizaciones aprovechar las oportunidades creadas precisamente por dicho rompimiento. Hammer y Champy mencionan como ejemplos de tales reglas rotas por la tecnología de la información, la de que la información únicamente puede estar disponible en un solo lugar y momento; premisa que mediante bases de datos compartidas se transformó en la de que la información está disponible en tantos lugares como se requiera.

Respecto a la norma de que, únicamente los expertos podrían desempeñar trabajos complejos, gracias a los sistemas expertos, devino en que los generalistas desempeñaran el trabajo de los expertos. Mediante redes de telecomunicaciones se transformó la regla de que las empresas tendrían que optar entre centralización o descentralización de acuerdo con el planteamiento de que las empresas tienen que aprovechar los beneficios de ambas.

La regla de que los directivos toman todas las decisiones se transformó en la de que tomar decisiones es parte de cualquier trabajo con herramientas de apoyo a decisiones, tales como accesos a bases de datos y software de modelaje; la norma de que el personal de campo requiere oficinas donde recibir, almacenar, recuperar y transmitir información me-

dante computadoras personales y comunicaciones inalámbricas, se convirtió en la de que el personal de campo envía y recibe información desde donde esté; finalmente, la de que el mejor contacto con un potencial comprador sería el contacto personal mediante videodisco interactivo, se transformó en la de que el mejor contacto con un comprador potencial es un contacto efectivo.

El Nombre de la..., Empresa

El proceso de rediseño debe iniciarse desde la alta dirección, mediante un "campeón" con visión y recursos, planeado y orquestado con valor en un programa de largo plazo.

El rediseño, no es automatizar a marchas forzadas, simplificar, recortar o empequeñecer una organización mediante el convencionalismo de cambios graduales en procesos incuestionables, sino el compromiso, consistencia y fanatismo necesario para cambiar las reglas fundamentales de una organización.

Es inadecuado concebir el crecimiento y la planeación en las organizaciones como una extrapolación de las condiciones existentes frente a la explosión de nuevos productos, cambios legislativos y del entorno económico, nuevas necesidades de la globalización, diversidad de orígenes de una competencia intensificada, complejidad de las demandas de clientes más exigentes, y desaparición de productos estándar para clientes estándar, por lo cual calidad y servicio, así como innovación y flexibilidad son los imperativos de los 90s.

El rediseño, propuganado por Hammer y Champy, es análisis fundamental y rediseño total de las organizaciones, lo cual incluye flujos de proceso empresariales, definiciones de puestos, procesos de dirección y de control, así como de estructuras organizativas básicas. Al respecto, menciona el ejemplo de cómo la empresa Ford al buscar reducir su departamento de contabilidad de 500 a 400

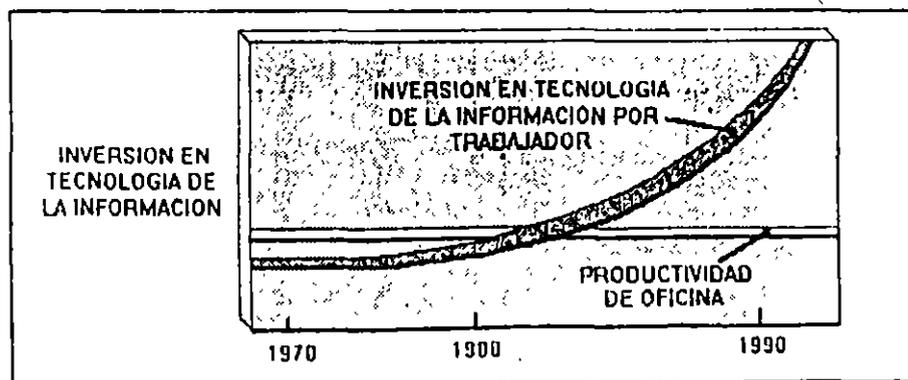


Figura 4.- El ajuste en los costos es solamente una solución parcial.

empleados investigó el correspondiente de la empresa Mazda, se encontró que ésta contaba únicamente con cinco empleados; esa situación condujo a cambios radicales en los procedimientos de Ford, y a reducir el personal a 125 empleados.

A los que piensan que servicio al cliente es una línea telefónica 800, que nunca contestan, Hammer les indica que dicho servicio no es un departamento, sino el nombre verdadero de cualquier empresa. Por lo cual, los gerentes de servicios de información deben respetar tanto a los usuarios internos como a los clientes externos de la organización, mediante atender sus demandas y adaptar los sistemas a las necesidades de los usuarios. Florida Power and Light Co, Northwestern Mutual Life Insurance y Marriot Corp, son algunas de las empresas que desde hace años emplean el enfoque centrado en el cliente para el diseño de sus sistemas de información, lo que ha conducido a una mayor satisfacción de los clientes y a un incremento de la efectividad.

Cuando Florida Power & Light buscó mejorar la calidad del servicio, no comenzó preguntando a los hombres de línea, a los encargados del servicio o a los ingenieros cómo mejorarlo, sino a través de interrogar a los clientes acerca de qué significaba la calidad para ellos. A partir de las respuestas, la empresa investigó las áreas que, según los clientes, requerían mejoras, y modificó la organización empresarial de dichas áreas hasta satisfacer los requerimientos. Lo anterior se denomina estar centrado en el cliente, es decir, proporcionar lo que realmente se requiere, no lo que la empresa cree que les puede proporcionar.

Primera en Nicho de Estómago

Para Taco Bell, Estados Unidos, el proceso de rediseño, iniciado a partir de la decisión de escuchar al cliente, ha sido un viaje de descubrimiento a lo largo de una década.

Esa empresa, al igual que muchas otras, estaba construida de arriba a

abajo y era dirigida y controlada mediante múltiples capas administrativas, cada una preocupada principalmente de controlar a la inferior por procesos en el sentido tradicional, con manuales organizativos, en los que se definía todo, inclusive como interpretar los propios manuales.

Igual que sus competidores, buscaba en todo ser mayor, mejor y más complejo, a fin de que el número excesivo de niveles administrativos garantizara que todo mundo estuviera ocupado, ya que en la misma medida en que hubiera más directrices y controles en el sistema, se disponía de mayores garantías para su propia existencia, afirma John Martín, alto directivo de Taco Bell, subsidiaria de Pepsi Co. quien agrega: "desafortunadamente, en la misma medida en que se microadministraba cada uno de los aspectos operacionales de los restaurantes, nos centrábamos en nosotros mismos y en nuestros procesos, olvidando contestar la pregunta fundamental ¿qué demonios importa todo esto a los clientes?".

"Estaban preocupados debido a que los subgerentes de los restaurantes ensamblaran y desensamblaran freidoras con los ojos vendados, porque alguien en la empresa escribiera un manual para hacer dichas actividades, incluyendo el tipo de venda para cubrir los ojos, porque hubiéramos convertido un sencillo negocio de comida rápida en algo más relacionado con la ciencia espacial, todo bajo el presupuesto de ser conveniente para ellos." Martín, desde antes de asumir la dirección de esa empresa, en 1983, tenía la impresión de que esas preocupaciones importaban un comino a los clientes. Taco Bell había sido una cadena regional de restaurantes mexicano-norteamericanos de éxito regular en un nicho relativamente pequeño; en 1982, la cadena contaba con menos de 1,500 locales, y ventas por 500 millones de dólares, con una competencia, básicamente del negocio de las hamburguesas, el que parecía estar a años luz por delante.

Desde 1978, cuando fue adquirida por PepsiCo, hasta 1982, la empresa había decrecido 16% en relación con el aumento del 6% promedio de la industria; se retrocedía a pasos agigantados. No era claro lo que se deseaba para la empresa, por lo que Martín priorizó en conseguir una visión para la empresa; como ya no era posible retroceder más, se decidió "pensar lo impensable", y se creó la visión de un gigante en el sector de comidas rápidas y no únicamente como subsector de comida mexicana, sino como una fuerza competitiva dentro de todas las categorías de organizaciones restauranteras donde se pudiera contender.

Para que Taco Bell progresara de cadena regional de comida mexicano-norteamericana a fuerza nacional en la industria el enemigo principal a vencer, fueron las ideas convencionales a las que estaban adheridos muchos de los empleados. Quienes, sin ninguna investigación, creían que los clientes deseaban aspectos tales como cierto tipo de decoración, cocinas más grandes, más equipo sofisticado, más personal, menús más grandes o instalaciones exteriores para entretener a los pequeños; bajo el supuesto de que los clientes deseaban más, mayores y mejores aspectos del negocio, en la realidad éste les proporcionaba menores y más caros servicios.

De ahí que el rediseño de la empresa comenzara preguntándoles a los clientes qué querían, quienes en lugar de pedir más y mejores aspectos expresaron deseos por algo tan simple como buena comida, servida pronto y caliente, en un ambiente limpio y a precio accesible.

Desde entonces, gracias a escuchar a los clientes y no temerle al cambio, Taco Bell ha pasado de ser una empresa regional a una empresa nacional con más de 3,600 restaurantes y más de 3,000 millones de dólares en ventas anuales, la que cuenta entre sus escenarios empresariales vender 20,000 millones de dólares anuales para el 2000 y ser la número uno en cuanto a ocupación de nicho de estómago en Norteamérica.

Hay Aves que Salen del Pantano

El desafío de los países desarrollados durante las próximas décadas de elevar la productividad de los trabajadores del conocimiento, la manufactura y los servicios, implica una reorganización de la economía tan radical como la de la revolución industrial (5).

De ahí que elevar 37 por ciento la productividad por empleado en el sector manufacturero norteamericano, a pesar de que significó un incremento de 26 por ciento en el producto del sector, condujo a que el número de empleados en el mismo disminuyera durante los últimos cuatro años, en 1.2 millones, es decir en un 6 por ciento, fenómeno similar al de la revolución agrícola que acompañó a la revolución industrial, al disminuir sustancialmente la primera la fuerza de trabajo agrícola al mismo tiempo que incrementó su productividad.

Además, si se considera que el tejido social y la calidad de vida en las naciones industrializadas ya no dependen del incremento de la productividad en hacer y mover cosas, ya que en esos países, menos de la quinta parte de la fuerza de trabajo se ocupa en la manufactura, agricultura, minería, construcción, y transporte, el más importante reto económico que enfrentan las naciones desarrolladas es elevar la productividad de sus sectores intensivos en conocimientos y de servicios.

En dichos sectores, el empleo de capital y tecnología, factores alternos de fuerza de trabajo al hacer y mover cosas, aceleran o frenan la productividad al emplearse como herramientas,

no siempre son sustitutos de fuerza de trabajo, pues son empleados en función de la utilización, metas, y habilidades de los trabajadores del conocimiento y de los servicios.

"Hace treinta años, por ejemplo, afirmó Drucker, estábamos seguros de que la eficiencia de la computadora conduciría a reducciones masivas en personal y empleados de oficina. La promesa de mayor productividad condujo a inversiones cuantiosas en equipo de procesamiento de datos, que ahora rivalizan, por su intensidad, con las correspondientes en tecnología para el procesamiento de materiales. Sin embargo, la fuerza de trabajo empleada en las oficinas ha crecido a un ritmo mucho mayor que antes de la introducción de la tecnología de la información, sin que se hubiera incrementado la productividad de los trabajadores en los servicios".

Sin embargo, en el marco de la globalización y la innovación, mediante incrementos masivos de la productividad, no sólo se corrigen, cambian y mejoran los procesos de manufactura norteamericanos, sino que se busca salir de un pantano originado por mayores inversiones, que sólo han incrementado costos y el empleo improductivo de más trabajadores del conocimiento, y del sector de servicios.

La respuesta a tales problemas en los procesos productivos está en interrogarse, ¿cuál es la tarea?, ¿qué se trata de lograr?, y ¿por qué se realiza una tarea?, y, especialmente, en eliminar las innecesarias. A esta metodología se le han agregado otras propuestas provenientes de algunos de los nuevos gurús

del "management", tales como la denominada "rediseño del proceso de la organización" (*business process reengineering*) de Michael Hammer, exprofesor de ciencias de la computación del MIT.

Dicha metodología tiene como propósito, nada menos, que un cambio organizacional masivo; según Hammer, es necesario repensar y rediseñar radicalmente el sistema de la empresa, pues urge una revisión del diseño de los puestos, de las estructuras organizativas y de los sistemas de dirección, básicamente alrededor de los productos y servicios, en lugar de lo usual, es decir, con respecto a tareas y funciones.

De ahí que proponga que las empresas se organicen tomando como punto de giro al producto, tal como sería cumplir con el pedido de un cliente, en lugar de una organización por departamentos funcionales, como son los de finanzas y mercadotecnia.

El potencial de incremento de productividad de tal metodología podría eliminar hasta 25 millones de empleos, según Ehrbar. Tal reorganización del trabajo, en palabras de John Sculley, jefe ejecutivo de Apple Computer Inc, sería tan "masiva y violenta como lo fue la Revolución Industrial". Sin embargo, lograr que el incremento record, de 1992, del 2.8 por ciento de la productividad de la economía norteamericana, el mayor en 20 años, sea duradero, implica necesariamente cambios como el mencionado.

Referencias

- [1] John A Byrne, *Management's New Gurus*, Business Week, 21/III/92, p 43
- [2] Michael Hammer y James Champy, *Reengineering the corporation*, HarperBusiness, 1993
- [3] *Reengineering...* p 83
- [4] ídem, p 172
- [5] Al Ehrbar, *Excelsior*, Sección Financiera, 18/III/93.

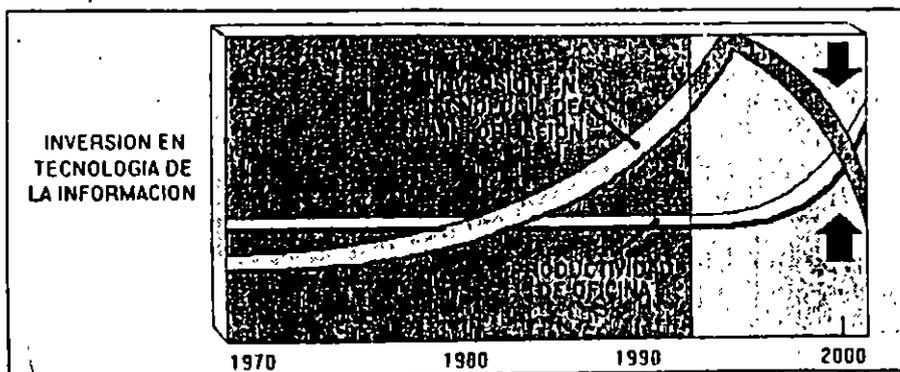


Figura 5.- El incremento en la productividad organizacional es la clave.

Los clásicos, ¿obsoletos?; la reingeniería, ¿remedio para todo?

- **Unidad de mando**
- **Jerarquía**

"Exagerar las cosas es perjudicial en todos los casos, aun cuando se trate de la eficiencia"

L. Buñuel

La eficiencia del trabajo grupal ha sido una preocupación constante en la historia del hombre y no sólo en el presente con motivo de la crisis. *La Biblia* describe cómo Dios ilumina a Moisés por boca de Jethro, su suegro, para que fuera eficiente en la conducción de su pueblo: "enseña a las personas las ordenanzas y las leyes... selecciona a los mejores... y asignales ser guías de miles, y guías de cientos, y guías de cincuentas, y guías de decenas, y esos guías deben administrar las cuestiones de rutina y llevar a Moisés sólo las cuestiones importantes" (*Exodo, capítulo XVIII*).

Así, a través de la historia, se han generado principios administrativos aplicados por las organizaciones y que les han permitido a muchas de ellas alcanzar el éxito. Algunos principios han rebasado las fronteras del tiempo, o sea, son intemporales, como los consejos de Jethro a Moisés. Sin embargo, hoy se están cuestionando por la reingeniería de procesos. Entre tales principios destacan los difundidos magistralmente por Henri Fayol:

Lc. Sergio
Hernández y
Rodríguez

Director del Consejo Editorial de Administrate Hoy y del despacho consultor Síntesis. Catedrático en la FCA, UNAM, y en otras universidades de la República Mexicana.

Con la asistencia de
Francisco López
Herrera y Ricardo
Ruiz Valle

1. División del trabajo.
2. Autoridad y responsabilidad.
3. Disciplina.
4. Unidad de mando.
5. Unidad de dirección.
6. Subordinación del interés individual al general.
7. Remuneración al personal.
8. Descentralización vs. centralización.
9. Jerarquía.
10. Orden.
11. Equidad.
12. Estabilidad del personal.
13. Iniciativa.
14. Espíritu de grupo o unión del personal.

Estos principios están siendo revisados y en algunos casos con críticas que proponen su destrucción, como algunos

exponentes de la reingeniería por considerarlos inoperantes a la luz de la nueva organización para el trabajo. Por ejemplo, Hammer y Champy, en la obra que ha servido como principal difusora de la reingeniería, opinan que **debemos olvidar todo lo que hemos aprendido sobre administración**. Según esta tendencia actual, los principios administrativos y la teoría clásica han actuado como paradigmas incuestionables y absolutos que obstaculizan la efectividad y competitividad de la empresa hoy en día.

Procuraré hacer un análisis equilibrado, destacando todas las razones que argumentaron los clásicos, así como los peligros que representa destruir los principios clásicos en aras de la moda administrativa o, por otra parte, sostener el funcionamiento de la empresa con principios ya inoperantes, pretendiendo lograr competitividad con una mentalidad y técnicas administrativas obsoletas.

Los principios administrativos no son como los de las ciencias exactas, pero sí constituyen verdaderas guías de acción o patrones del proceder. Hay que tener cuidado de que la moda administrativa, en este caso la reingeniería, no los destruya sin una valoración adecuada. Una visión acrítica puede ocasionar a la empresa costos inherentes al cambio de estructuras sólo por "modernizarse". Algunos de estos costos pueden ser irreversibles, sobre todo en recursos humanos. El perder recursos humanos valiosos en el afán de adelgazar la estructura administrativa puede deteriorar el clima organizacional debido a las luchas internas por sobrevivir en la organización. Además, hay

que considerar las grandes erogaciones económicas que tiene que hacer la organización para indemnizar a los despedidos, que en algunos casos después debe recontractar y, en el caso de nuevos miembros, capacitar.

El principio más cuestionado por la reingeniería de procesos es el de la **división del trabajo** para la especialización, pero la crítica de este principio

implica también el cuestionamiento a los otros, ya que todos están relacionados. El principio de la división del trabajo fue propuesto e impulsado por Adam Smith en su *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, hace la friolera de casi 220 años, como un medio de elevar el rendimiento del trabajo grupal. Este principio, ampliamente aceptado y practicado por las empresas aun hoy en día, sirvió para romper el modo de producción típico de la última etapa del feudalismo.

Los gremios de artesanos se sintieron amenazados ante el cambio propuesto por Adam Smith. El paradigma existente era que el artesano debía producir la pieza completa. Pero la cultura administrativa de la sociedad industrial emergente, para incrementar la eficiencia, adoptó y difundió el principio de la división del trabajo de Smith. A partir de su aplicación en la industria de aquel entonces, se desarrolló la producción en serie, haciendo que los trabajadores sólo se concentraran en operaciones muy específicas, quitándole así al artesano su papel de hacedor de unidades completas y convirtiéndolo en un ente mecánico con operaciones repetitivas.

Smith había ejemplificado la eficiencia del principio de división del trabajo en el proceso productivo mediante la fabricación de un alfiler, en la cual cada obrero se concentraba en una tarea específica.

De esta manera demostró el incremento en el número de unidades producidas como consecuencia de la división de tareas. Así "inventó" la producción por procesos, aunque esta concepción se ha enriquecido a través de los enfoques administrativos, principalmente a partir de la teoría de sistemas.

El paradigma existente era que el artesano debía producir la pieza completa...

Posteriormente, a fines del siglo pasado, Federico Taylor llevó este principio a su máxima expresión mediante su técnica de análisis de movimientos para establecer tiempos específicos por operación (estudios de tiempos y movimientos), que permitiera establecer en las factorías la producción estandarizada por procesos, según él, científicamente estructurados.

Taylor propuso romper el principio de unidad de mando, también antiquísimo, para acabar con el modelo de dirección gremial centrado en un maestro, capacitador de aprendices. Sugirió que para cada proceso productivo hubiera siete jefes especializados por funciones, por ejemplo: jefe de velocidad y de marcha del proceso, entre otros. A este sistema de supervisión le denominó lineofuncional. Este modelo fue copiado posteriormente a las áreas administrativas, como finanzas y mercadotecnia. Así, Taylor impulsó también la supervisión basada en funciones, misma que generó las estructuras funcionales, que en el momento actual son también cuestionadas por los partidarios de la reingeniería y del adelgazamiento de las estructuras.

Posiblemente Taylor fue el impulsor del crecimiento horizontal de las estructuras administrativas, al tratar de especializar las funciones del supervisor, generando que la empresa llegara a tener "más jefes que indios".

Su técnica de tiempos y movimientos y de autoridad lineofuncional la sostuvo con base en su valoración sobre el hombre, al que consideró flojo nato y social (o sea, trabajando en grupo es más flojo, *sic*), por lo que había que estructurarle el trabajo, con una sola manera de hacer las cosas, estandarizándolo para restringirle a operaciones muy simples; negándole así al ser humano trabajar en equipo y a través del adiestramiento hacerlo experto en unos cuantos movimientos. A la inversa, la reingeniería parte de que para rediseñar los procesos se deben dar más operaciones a cada trabajador, así como trabajar en equipo todos los miembros de un proceso, ampliando sus facultades en la toma de decisiones.

Henri Fayol, contemporáneo de Taylor, criticó la división de funciones del supervisor, porque de esta manera se generarían gigantismos organizacionales. Textualmente dijo: "Los árboles no crecen hasta el cielo, los cuerpos sociales tienen también sus límites."

Pero los clásicos del proceso administrativo, tales como: Urwick, Gulick, Terry, Koontz y O'Donnell, apoyándose más en Taylor, a pesar de que el creador de dicho proceso es Fayol, difundieron el concepto de extensión de la gerencia, conocido como **tramo de control** (éste no es otra cosa que el número óptimo de personas a supervisar). Sostuvieron que el tramo de control debía ser de entre seis y ocho supervisados y que si un supervisor se sale de los límites establecidos pierde control y efectividad exponencialmente por cada supervisado adicional. Sí, ¡escúchelo bien, pierde efectividad exponencialmente por cada supervisado adicional, según el enfoque tradicional!

Ahora los gurúes de la reingeniería señalan que el principio de tramo de control es una falacia y un paradigma actualmente inoperante, ya que hay organizaciones "reingenieradas" (perdón Real Academia) donde los supervisores pueden hasta con 40 supervisados y esto ha ayudado a detener el gigantismo y la "elefantiasis organizacional". Dicen con ironía: "Los elefantes tendrán que

aprender a bailar" (Rosa Moss), refiriéndose a las grandes empresas transnacionales.

A estas alturas de nuestros análisis y reflexiones, nos surge la duda de que si por los problemas de la gran empresa también deben cambiar estructuralmente las empresas pequeñas y medianas, a las que su tamaño precisamente les da su fortaleza frente a la grande; sobre todo si consideramos que en nuestro país representan más del 95% (incluyendo a las microempresas) y generan 90% del empleo según la Canacindra.

Desde mi punto de vista debemos clarificar la cuestión anterior antes de extrapolar conclusiones. ¡No nos vaya a pasar lo que a aquel empresario que le dio a su hijo el poder de sus empresas porque se doctoró en *Business Administration* en una gran universidad de Estados Unidos y que al poco tiempo se hizo millonario, lo que le molestó sobremanera ya que antes era multimillonario! Para colmo de males, de generalizarse una situación semejante se incrementaría el desempleo, que en nuestro país ya alcanza niveles alarmantes.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, antes de ampliar el tramo de control para hacer "reingeniería", es la cultura administrativa del supervisor (sobreviviente al recorte), que si pretende seguir tomando todas las decisiones no podrá ser eficiente, como lo dice la teoría clásica al respecto. Por lo anterior, la reingeniería se apoya mucho en el *empowerment* (incremento de facultades decisoriales al personal o empoderamiento, traducción que muchos no aceptan) y en los grupos autónomos. Esto implica un cambio de paradigma directivo, que sólo se logra por medio de la capacitación permanente.

La reingeniería propone la estructuración de las empresas con base en proceso y no por funciones. En este aspecto simpatizo mucho con ella, ya que las estructuras basadas en funciones generan feudos y éstos "psicoesclerosis

organizacional". El problema es el cómo hacer que las áreas administrativas, como finanzas y recursos humanos, se integren a los procesos de producción, participando como apoyadores, dotando recursos, abandonando su función normativa tradicional lejana al mundo de "sudor y lágrimas" de las áreas de producción. Compras y ventas pueden ser perfectamente encadenadas, formando un gran proceso desde el proveedor externo hasta la satisfacción del cliente o usuario externo, pasando, obviamente, por todos los microprocesos internos de la organización, para así centrar la atención de todos los miembros en los procesos, esencia de la organización, no en las jerarquías. Con respecto a este punto recomiendo el artículo sobre reingeniería escrito por Carlos G. Colín Flores y Enrique Aredondo Vital, publicado en el número 10 de *Administrate Hoy*. También recomiendo la lectura del libro *Paradigmas empresariales* (recientemente editado por McGraw-Hill), de Don Tapscott y Art Caston, del cual, para apoyar las ideas anteriores, cito el siguiente extracto:

"La tradicional organización jerárquica se encuentra muy cuestionada. La razón radica en que la vieja empresa está pobremente equipada para responder a las nuevas necesidades de los negocios. La jerarquía de comando y control tiene sus raíces en las antiguas burocracias eclesiásticas y militares... [en la empresa tradicional] su meta era ascender en la jerarquía y tener más personas que le reportasen... Internamente usted era su punto central en vez de serlo el cliente... A menudo, usted ganaba crédito para el trabajo de aquellos que se encontraban por debajo suyo en la jerarquía..."

Lo anterior está siendo revisado profundamente, como ya se dijo, por la reingeniería, la que no sólo se está concentrando en los procesos, sino también en las estructuras. En muchos reportes de empresas que se han sujetado al rediseño de sus procesos, se dice que han ampliado el número de unidades

e individuos a supervisar. Lo que ha hecho que se haya generalizado el concepto de que, como muchos creen, eso es reingeniería o como dicen los doctos *downsizing* (reducción del tamaño de la estructura).

Creo que los exponentes de la reingeniería están retomando la crítica a la estructura organizacional brillantemente hecha por Norcote Parkinson en la famosa ley que lleva su nombre y que se resume en dos principios axiomáticos: "un funcionario necesita multiplicar subordinados y los funcionarios se crean mutuamente trabajos unos a otros". Parkinson dice que "el crecimiento anual del personal es mayor que el del crecimiento de la eficiencia organizacional". Obviamente, que si esto es cierto, los recortes de personal deben ser periódicos, como las podas a los árboles.

Hay que tener cuidado en los recortes de personal, pues ello no es hacer reingeniería. Al recortar indiscriminadamente sin revisar los procesos y el valor agregado en cada actividad y operación, sin revisar la visión y misión de la organización, se podrá estar incurriendo en un incremento aparente de la productividad. Sin embargo, si desaparecen las personas pero no hay cambio alguno en los procesos, lo único que sucederá es que haya sobrecarga de trabajo en el personal restante y, si éste corresponde al grupo de supervisores que toman decisiones en forma tradicional, la toma de estas decisiones será más lenta y detendrá la marcha (*throughput*). Es decir, puede ser "más caro el caldo que las albóndigas", pues se detendrá la producción, deteriorando así la calidad del servicio.

Debemos aceptar que la organización hoy en día requiere cambios para ser competitiva y que ante la crisis muchos de éstos son de vida o muerte, pero no se pueden hacer sin una meditación profunda. Esta meditación requiere que pongamos también en tela de juicio la reingeniería. ☞

Reingeniería: la revolución administrativa

- Competencia
- Regulación
- Tecnología
- Mejoras internas

"Progreso es una buena palabra. Pero el cambio es su motivador, y el cambio tiene enemigos".

Robert Kennedy

Reingeniería es un término que se usa cada vez más entre empresarios y es ya un lugar común en la literatura técnica de la administración, particularmente en los libros nuevos sobre la materia en idioma inglés. Pero, ¿qué es?, ¿para qué sirve?, ¿en qué nos beneficia saber de ella? Todas estas preguntas debemos aclararlas, para ello las abordaré a través de una serie de artículos.

Empecemos con el concepto de reingeniería, que posiblemente a muchos desconcierte, ya que suena a mecánica fabril y lo relacionan con ingeniería industrial, pero el término realmente sugiere ingenio. Yo prefiero el concepto de administración al de ingeniería, pero este último es más preciso cuando se trata del diseño o rediseño de los procesos de producción o administrativos, en

Lic. Sergio
Hernández y
Rodríguez

Director de Administrate Hoy
y del despacho consultor Síntesis.
Catedrático en la ICA,
UNAM y en otras universidades
de la República Mexicana.

donde realmente se requiere ingenio y creatividad y no operatividad, como puede sugerir el término administración.

El término reingeniería fue creado por consultores de empresas estadounidenses que tuvieron que conducir cambios muy profundos en negocios que empezaban a presentar crisis económicas, o bien, falta de competitividad ante la feroz competencia con los japoneses y empresas europeas. Para lograr el cambio, los consultores tuvieron que hacer un replanteamiento general de todo el funcionamiento de dichas empresas para poder modernizarlas, sin incrementar la calidad del producto y de los servicios ofrecidos. Por lo mismo, la reingeniería es el rediseño de todos los procesos del negocio; lo que implica reinventar la organización, sin detener la marcha de la empresa. Digamos, es una metamorfosis organizacional.

Una transformación de esta naturaleza será insuperable para muchos que se resisten al cambio. Tenemos miedo

al cambio y sobre todo al amenazante, aquel que consideramos peligroso porque rompe un status quo con el que nos hemos acostumbrado a vivir. Este miedo no es exclusivo del directivo ni del propietario de los negocios, también lo padece la fuerza de trabajo y, en ocasiones, es la que más detiene los cambios, ya que puede sentir miedo a que las nuevas maneras de hacer los negocios y los procesos no funcionen, perder su empleo, o bien, que "no tengan la posibilidad de aprender las nuevas formas de trabajo. El miedo al cambio opera a nivel subconsciente generando stress y este último genera conflictos entre los grupos informales de trabajadores, el nivel de politiquería o "grilla" se incrementa.

Por lo anterior, muchos dirán que la metamorfosis organizacional no se da, sino que es utópica, irrealizable, pero pondré algunos ejemplos de nuestro medio para comprenderlo mejor. Una anécdota que comentaré nos ayudará.

Impartiendo un curso en el sureste del país, al comentar un video titulado "Paradigmas", vital para comprender la reingeniería junto con los libros que se han publicado sobre la materia, uno de los asistentes comentó que una cadena de farmacias había roto los paradigmas tradicionales de este tipo de empresas, pues se había instalado en la región con nuevas formas de hacer negocios: ofreciendo mejores precios que las farmacias tradicionales, horarios más abiertos, líneas de productos más amplias; presentándose como una superfarmacia

o megafarmacia; lo que atraía a la clientela y desequilibraba a los negocios tradicionales del ramo

Este hecho no es aislado y está pasando con muchos comercios, ferreterías, papelerías, tiendas de todo tipo y supermercados. Estos ejemplos nos ilustran nuevas formas de operar.

Lo primero que debemos entender es que esta metamorfosis no es de mentiras ni utópica, es real y ante los hechos sólo nos queda hacerle frente, o bien, iniciar una graciosa huida o retirada digna que permita salvar parte del patrimonio. Este último no es el camino correcto de los que verdaderamente tienen madurez empresarial, ya que estoy seguro que los auténticos emprendedores hicieron su negocio casi de la nada, o por lo menos, han salido de fuertes temporales y tienen suficiente ingenio para adaptarse a las nuevas circunstancias. Aunque el panorama se presenta muy difícil como Shakespeare diría, "ser o no ser, ese es el dilema", nuestros empresarios tienen que cuestionarse y definirse, sin dejar que las circunstancias los rebasen, el miedo y la mediocridad pueden mezclarse, generan la "medocridad" y nos destruye. Hay quienes dicen incluso que hay estudios científicos que dicen que el cáncer de colon es producto del miedo constante durante periodos prolongados.

Ustedes dirán ahora "Ya entendí que la reingeniería de otros negocios que se han adelantado al cambio nos está aniquilando, pero ¿cómo hacer la reingeniería en nuestros negocios?" Respuesta: no es fácil. Lo que queda a los negocios que desean el camino difícil y no la retirada, es evitar ser invadidos por la parálisis paradigmática: que no es otra cosa sino aferrarse al pasado con falsos argumentos como negarse a aceptar que la computadora es útil en el control de

operaciones de un pequeño negocio, creer que las técnicas de Calidad Total sólo operan en Japón, sostener que la teoría administrativa no aporta nada a la práctica de las pequeñas empresas, que la mano de obra está muy viciada, que la capacitación no sirve o que quita el tiempo, que el empleado

a reingeniería es el rediseño de todos los procesos del negocio.

capacitado por la empresa lo primero que hace es irse a trabajar a otro lado

Usted seguramente volverá a insistir en el ¿cómo?. Reitero que el cambio no llega solo y que es el momento de actuar rápido. La reingeniería ayuda a desarrollar habilidades para el cambio de procesos de trabajo y para vencer actitudes negativas y cuestionar paradigmas que han funcionado como únicos modos de hacer las cosas

Daniel Morris y Joel Brandon, en Reingeniería, cómo aplicarla con éxito en los negocios, traducido al español por McGraw Hill, señalan siete habilidades básicas a desarrollar si se desea conducir un proceso de reingeniería, que todo consultor ha de dominar, o si usted se anima solo deberá iniciar su capacitación en tal sentido

HABILIDAD PARA ANALIZAR LOS PROCESOS CON OBJETIVIDAD, CON METODO Y SISTEMA

Para definir con claridad el producto, misión del mismo y del negocio, indicadores de la calidad y cada fase del proceso. Así como creatividad para buscar oportunidades de eliminación de operaciones sin afectar la satisfacción del usuario.

HABILIDAD PARA HACER EL CAMBIO EN PARALELO, COORDINANDO LAS CUATRO FUERZAS DEL CAMBIO

a) Competencia. Benchmarking, observar cómo lo hacen los otros, dónde están sus ventajas competitivas y comparativas. No necesariamente para copiar, sino para crear dichas ventajas. La reingeniería no es copiar, es crear. Frecuentemente he oído decir en los medios empresariales que debemos copiar cien por ciento los sistemas norteamericanos y no permitir a los empleados introducir cambio alguno. Las franquicias son eso: sistemas estandarizados sin posibilidad de cambio, ya que restringen incluso al poseedor de la misma. Hay absurdos en algunas franquicias, como por ejemplo, al ir a comprar una hamburguesa usted puede encontrar un letrero que diga "no se aceptan billetes mayores a 20 dólares", como si ésta fuera la moneda circulante en nuestro país. Obviamente, un letrero así obedece a que está establecido en los manuales de operación de la cadena y no existe ni siquiera la libertad de adaptarlo, ya no digamos de eliminarlo.

b) Regulación. Aspectos legales del cambio, como la Ley Federal del Trabajo, regulación ecológica, impuestos, etcétera

c) Tecnología. Cambios en la maquinaria o aparatos de control, computadoras, formas de hacer las cosas. Aquí en tecnología entra el análisis de los procesos manuales, mecánicos y automatizados de toda la operación. Hammer y Champy dicen la "reingeniería busca que los procesos de trabajo se reduzcan a una sola persona". Rompiendo el paradigma que estableció Adam Smith con su famoso principio de la división del trabajo.

d) Mejoras internas. Estructuras administrativas, capacitación y adiestramiento, registros de información más sencillos.

Habilidad para no soltar el paso

Muchos cambios deben ser introducidos durante periodos largos para

ADMINISTRACION

- consolidarlos, no son mágicos ni "llamadas de petate", poco a poco pero sin soltar la marcha. En lugar de tratar de implantar un proyecto de gran envergadura es mejor una serie de cambios pequeños, pero todos orientados a un mismo fin para que no afecte la marcha y se logre el cambio o, como dije, la metamorfosis organizacional.

Habilidad para evaluar el impacto

Para lograrlo hay que tener una visión totalizadora de la empresa: operación, administración y comercialización.

Habilidad de visualización de los cambios del medio ambiente

Para desarrollar estas dos últimas habilidades es necesario saber trabajar escenarios y simular la operación del negocio en cada una de las posibles situaciones que pueden presentarse.

Habilidad para hacer y planear a la vez

Dicho en términos "chuscos" no "zopilotear", o sea, planear sin aterrizar o hacer sin planear.

Habilidad para correlacionar los parámetros de las diversas áreas de la compañía

Por tanto, debe tener la capacidad de reunir y combinar la información administrativa de todas las áreas.

Estas habilidades deben aplicarse a cada una de las fases de un proyecto de reingeniería. Las fases son:

- Posicionamiento.
- Reingeniería de los procesos.
- Reestructuración o construcción de la infraestructura administrativa, tanto en los flujos de trabajo, la tecnología, la comercialización, las finanzas y la administración de personal.
- Implantación, operación y evaluación.

Las siguientes preguntas, en su mayoría sugeridas por Morris y Brandon,

ayudan a aclarar cada una de estas fases. Para el posicionamiento del negocio:

- ¿Dónde estamos hoy?
- ¿Qué podemos hacer para mejorar?
- ¿Cómo podemos utilizar mejor la competencia?
- ¿Cuáles son nuestras mejores inversiones?
- ¿Cuál es nuestra estrategia empresarial?

Ingeniería del negocio:

- ¿Cómo podemos cambiar?
- ¿Cuál es el impacto de nuestros planes?

La reingeniería no es copiar, es crear; observar cómo lo hacen los otros.

- ¿Cómo integrar nuestros planes en las operaciones actuales?

Reestructuración o construcción de la infraestructura administrativa:

- ¿Qué cambios necesitamos hacer en la forma en que hacemos los negocios?
- ¿Cómo impactará el cambio sobre el personal?
- ¿Cómo rediseñar los puestos de trabajo?
- ¿Cómo coordinar todas las áreas en los cambios?
- ¿Cuáles trabajos o procesos se pueden realizar fuera de la organización mediante proveedores, maquiladores o nuevas unidades externas de producción?

Implantación, operación y evaluación:

- ¿Qué tan distantes están nuestras nuevas ideas con la manera en que lo estamos haciendo?
- ¿Nuestro personal tiene el potencial de desarrollo adecuado? ¿Qué tanta capacitación y reentrenamiento?

- ¿Qué tanto cambio en equipo y planta es necesario?

Para terminar conviene señalar algunas diferenciaciones entre reingeniería y otras técnicas administrativas:

Estudio de tiempos y movimientos. Busca la estandarización de la producción a fin de sistematizar la operación de una planta. A pesar de ser una de las técnicas con mayor antigüedad, muchas plantas se rigen aún por los parámetros acuñados por Taylor y seguidores.

Simplificación del trabajo. Es la versión administrativa del estudio de los tiempos y movimientos, con el fin de eliminar los tiempos y costos innecesarios.

Auditoría administrativa. Técnica desarrollada para verificar

que las operaciones correspondan a la planeación, en los aspectos de las políticas, normas, procedimientos, programas y presupuestos de caja. Esta técnica es el reverso de la reingeniería, ya que "congela" el error.

Administración por objetivos. Técnica que permite clarificar metas de producción tanto de bienes como de servicios, para facilitar el autocontrol y la evaluación del desempeño del personal.

Desarrollo organizacional. Conjunto de técnicas psicosociales para introducir cambios en las organizaciones. Fundamentalmente, en actividades de comunicación de los miembros de la organización.

Calidad total y mejora continua. Técnicas que buscan perfeccionar los procesos productivos y, por ende, los productos a fin de satisfacer plenamente a los usuarios y disminuir el error y los defectos. Se basa fundamentalmente en el control estadístico aplicado por lotes de trabajo.

4 **Benchmarking.** Permite el desarrollo de la competitividad organizacional a través de comparar una empresa con otra más competitiva

Como podemos ver, la reingeniería no "es la misma gata, nomás que revolcada", es un enfoque más completo que todas las técnicas desarrolladas hasta la fecha y que está todavía en desarrollo

Usted me puede decir "yo soy pequeño y esto para mí de nada sirve, sólo las empresas grandes pueden aplicarlo". Si ese fuera su planteamiento, yo le diría que las empresas pequeñas tienen fortalezas, como la flexibilidad en la toma de decisiones, mientras que las grandes tienen burocracias que retardan el cambio y las decisiones, de alguna manera son

dinosaurios, por tanto, más lentos para reaccionar. Como ejemplo de esto último está la industria relojera suiza, que perdió en una década el 90% del mercado que había dominado durante la mayor parte del siglo. Por cierto, ¿sabe quién desarrolló el reloj de cuarzo? Los suizos. No obstante, rechazaron el nuevo producto porque rompía con toda una tradición.

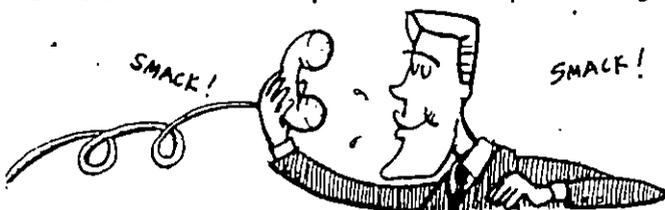
Por último, sabía usted que una de las primeras empresas del mundo en someterse a la reingeniería fue una taquería y hoy en día es uno de los negocios de alimentos más importantes en Norteamérica y que, inclusive, ya se instaló en algunas ciudades de México, se llama Taco Bell. Entre otras cosas, su proceso de reingeniería rompió varios

paradigmas. Uno de ellos fue su concepto sobre su misión: ¿vender o producir tacos? Pensaban que su función era producir y vender. Después del proceso de reingeniería aceptaron que su negocio era vender. Esta conclusión los llevó a un cambio en los procesos de operación de sus puntos de venta. La producción se empezó a efectuar fuera de los puntos de venta. Esto permitió ampliar el área de servicio al público en sus locales, incrementando las ventas. La producción (elaboración de los tacos) se concentró en unidades que denominaron comisarías, reduciendo así el costo de sus compras.

Agradecemos a Películas MEL S.A. su colaboración para este artículo.

¿Qué haría sin Ella?

(El Sr. Castro al recibir respaldo inmediato para su negocio)



EL PRIMER CLUB DE RESPALDO EJECUTIVO en México

Pone a su alcance los beneficios de la consultoría directiva, sin tener que desembolsar grandes cantidades.

Respáldese en forma permanente con la experiencia y conocimiento de especialistas.

Aduéñese del Nuevo Concepto de Consultoría en México, Informes y Asociación

LLAME USTED AHORA MISMO

360 2370
3036

91 800 50 524

Respaldo Ejecutivo **CONSULTING CLUB.**

EL PRIMER CLUB DE RESPALDO EJECUTIVO en México

Al llamar usted, recibe de obsequio el "Formato para Administrar por Resultados".

LA REINGENIERIA: El nuevo paradigma en la Administración de las Empresas Modernas.

Por Dr. J. Roberto Gómez Cuellar

Introducción.

Las organizaciones del futuro no se parecerán a las que iniciaron después de la Revolución Industrial, y tampoco se van a parecer mucho a las de hoy, las formas de compra, venta, entrega de productos y servicios serán muy distintas. Son empresas diseñadas específicamente para responder al mundo de hoy y de mañana, no organizaciones procedentes del pasado, un periodo que en su época fue glorioso pero que ahora ya no tiene vigencia.

Durante 200 años se fundaron y se construyeron empresas sobre la base del brillante descubrimiento de Adam Smith, de que el trabajo industrial debía dividirse en sus tareas más simples y básicas. En la era postindustrial de los negocios las organizaciones se fundarán y se constituirán reunificando tareas en procesos coherentes. No sólo buscando mejoras ocasionales o de manera continua en los procesos que a primera vista los hacen más eficientes y efectivos pero al mismo tiempo cada día haciéndolos más complejos.

La reingeniería de negocios es la opción para obtener los procesos coherentes. Este nuevo paradigma del que se hablará con más detalle en las siguientes líneas es la nueva revolución económica que busca terminar con la mejora e implementar los cambios radicales. Una revolución que invita a las empresas más prósperas y prometedoras a adoptar y aplicar los principios de la reingeniería de negocios o de lo contrario se verán superadas por las que sí los aplican.

El proceso de la reingeniería.

Antes de describir de manera breve el proceso de la reingeniería de negocios permitámonos definirla. Muchos autores quieren hacer esto tan innovador que lo hacen complejo. Desde el punto de vista informal reingeniería es "empezar de nuevo", inventar una mejor manera de hacer el trabajo. Esta definición da la idea de lo que es la reingeniería del negocio. Sin embargo, para aplicarla se necesita algo más. ¿Cómo rediseña una organización sus procesos? ¿Por dónde comienza? ¿Quiénes forman parte? ¿De dónde viene las ideas para un cambio radical?

Definición de reingeniería.

Reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en

medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez.

Los procesos y no las organizaciones deben ser objeto de la reingeniería. Las compañías no deben diseñar sus departamentos, deben rediseñar el trabajo (proceso) que realizan las personas empleadas en cada uno de ellos.

Los departamentos, las divisiones son familiares para las organizaciones mientras que los procesos no lo son. Los departamentos tienen nombre, los procesos en su mayoría, no.

Entender que es un proceso y diferenciarlo de un departamento no es una tarea fácil y sin embargo importante para el éxito de la reingeniería. Es así, que en el proceso de este paradigma, el paso inicial y del que depende

el éxito es la identificación de los procesos.

Una manera de identificar los procesos que constituyen a un negocio es ponerles nombres que expresen su estado inicial y final. Esos nombres deben tener en cuenta todo el trabajo que se realiza desde el principio hasta el fin.

Manufactura suena ser el nombre de un departamento, pero debiera llamarse más bien proceso de aprovisionamiento a ventas. Otros procesos son

- Desarrollo del producto del concepto al prototipo
- Ventas del comprador potencial al pedido.
- Despacho de pedidos, del pedido al pago
- Servicio de la indagación a la resolución.

Así como las empresas tienen diagramas organizacionales, también pueden tener gráficos

de sus procesos que describan la forma en que fluye el trabajo a través de la organización. La figura 1 muestra el gráfico de un proceso de alto nivel del negocio de semiconductores de Texas Instruments. Se destacan en el algunas características de especial interés. La primera es su sencillez, en comparación con el diagrama organizacional de la misma empresa. El gráfico muestra sólo seis procesos para un negocio que factura una gran cantidad de dólares. Esta forma de ver los procesos ve lo simple que es la tarea de la empresa y desaparece de la mentalidad de los ejecutivos la alta complejidad que siempre observan en la forma de administrar la organización.

La segunda característica que es importante resaltar es que en dicho gráfico de procesos se incluye algo que casi nunca aparece en el organigrama de una compañía: el cliente.

Una tercer característica es que el gráfico de procesos también incluye a los clientes potenciales <el mercado> que aportan un insumo importante para la formulación de la estrategia.

Ninguna empresa puede re-diseñar todos sus procesos. Lo más lógico es que se apliquen diferentes criterios para escogerlos. La disfunción es un posible criterio ¿qué procesos están en mayores dificultades?. La importancia es otro ¿cuales ejercen el mayor impacto en los clientes de la empresa?. La facilidad es también un criterio de gran importancia que debe considerarse entre otros ¿cuáles de los procesos de la compañía son mas susceptibles de una feliz reingeniería?

Por supuesto, existen procesos más formales para elegirlos. Sin embargo aquí sólo se dan las ideas generales de cada etapa del proceso, ya que el objetivo en esta publicación está orientado exclusivamente a motivar el estudio de éste nuevo paradigma.

Antes de concluir quiero hacerles saber que una vez seleccionado un proceso para diseñarlo, el paso siguiente no es rediseñarlo, sino entender el proceso actual ¿Qué es lo que hace? ¿Cómo lo hace? (bien o mal) Como la meta no es mejorar el proceso existente, no se necesita analizar y documentar.

Sólo se requiere una visión general del proceso para obtener la intuición necesaria para crear un nuevo diseño

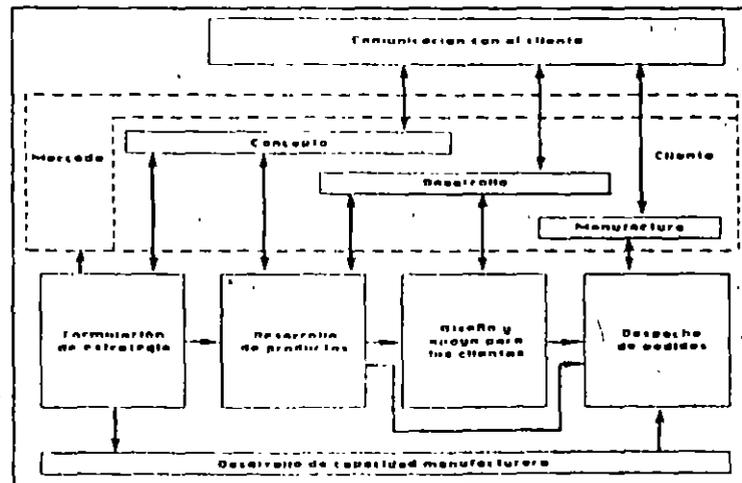
PROCESO DE LA REINGENIERIA DE NEGOCIOS.

- 1) Comprender ¿qué es un proceso?
- 2) Identificar procesos.
- 3) Seleccionar los procesos para aplicar la reingeniería.
- 4) Entender los procesos seleccionados.
- 5) Diseñar los nuevos procesos.

Conclusión.

Las organizaciones que comprenden la reingeniería con comprensión, con compromiso y con un vigoroso liderazgo ejecutivo seguramente triunfarán. Los beneficios del éxito son espectaculares para la empresa, para sus gerentes y empleados. Ya pasó el tiempo de vacilar, ya llegó la hora de la acción.

Involucrémonos con este nuevo paradigma. Es una nueva opción para lograr la meta que toda organización busca ganar dinero hoy y siempre.



Reingeniería corporativa

- **Concepto**
- **Enfoque hacia procesos**
- **Características**

PREPARACION PARA EL CAMBIO

Vivimos hoy en día en un mundo de cambios. Hemos visto la caída de países grandes y potentes, la fragmentación de otras naciones y la creación de otras. Los participantes en estos cambios estuvieron y están en medio de un ambiente de riesgos e incertidumbre, pero así es el cambio.

Los cambios hoy no sólo se encuentran en el campo político. El ambiente en que las empresas se encuentran es muy dinámico y explosivo, y algunas razones para la aceleración de los cambios intraorganizacionales.

Los gerentes y empresarios no pueden pensar solamente en lo que la competencia local hace ahora y qué planea para el futuro. Tienen que pensar también en los empresarios de Estados Unidos, China, Canadá, Japón, etcétera.

FILOSOFIAS ACTUALES IMPORTANTES PARA EL CAMPO Y EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL

Actualmente hay dos filosofías importantes para el cambio y el desarrollo

David S. Murphy
Don R. Hansen

Facultad de Administración de Negocios, Universidad Estatal de Oklahoma.

Maribel Cervon

Directora de la Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Tepepan, IPN.

organizacional: la calidad total (el mejoramiento continuo) y la reingeniería (el mejoramiento de golpe). Estas dos herramientas pueden trabajar mano con mano para avanzar en la productividad y la habilidad de competir de la empresa. En este artículo presentaremos los conceptos básicos de la reingeniería y cómo pueden estas herramientas trabajar juntas.

LA REINGENIERIA

El propósito de la reingeniería no es hacer cambios sustanciales en la productividad ni en la calidad de una empresa, no hacer un cambio rápido y completo en la estructura de la empresa para tomar pasos grandes en productividad y calidad.

Concepto

Es el cambio de procesos para el incremento de la productividad y el logro de la calidad total.

La reingeniería es un proceso por el cual podemos ver y diseñar de nuevo los

procesos fundamentales de una empresa para lograr mejoras dramáticas en los factores clave de éxito:

FACTORES COMO CALIDAD, COSTOS, VELOCIDAD Y SERVICIO

Primer concepto

Preguntas para hacer reingeniería

1. ¿Por qué hacemos lo que hacemos?
2. ¿Por qué lo hacemos de esta manera?
3. ¿Dónde estamos?
4. ¿Dónde queremos estar?

Segundo concepto

Hacer cambios dramáticos

No es suficiente mejorar unos procesos, es inventar la corporación de nuevo, diseñar procesos adecuados para el ambiente de hoy.

Tercer concepto

Enfoque hacia procesos en vez de hacia departamentos

Es ver a la empresa, sin fragmentación del trabajo, sino como un proceso, ejemplo: la fabricación de un producto tiene entradas, como materias primas, transformaciones y salidas del producto. Este proceso cruza departamentos. Pero la reingeniería en los procesos y no los lugares de trabajo son los importantes.

EJEMPLO DE LA APLICACION DE LA REINGENIERIA DE PROCESOS EN IBM-CREDIT

La corporación IBM-CREDIT (1993) (una de las 100 más importantes empresas de servicios en el mundo).

Objetivo: Proveer financiamiento para los clientes que compran computadoras y servicios de IBM.

Proceso

1. Llamada de los vendedores de IBM a IBM-CREDIT.
2. Representante de IBM-CREDIT (uno de los 14), recibe la llamada.
3. Escribe la información dada por el vendedor en un documento.
4. Alguien tiene que llevar el documento al 2o. piso donde un operador introduce la información en la computadora.
5. La computadora realiza un análisis de la capacidad del cliente para asumir su cuenta, un especialista toma la decisión de ofrecer o no el crédito.
6. El especialista toma la información y la manda a otro departamento.
7. En este departamento un especialista hace las modificaciones al contrato solicitado por el cliente.
8. Manda el documento al departamento de precios, donde otro especialista, usando hoja de cálculo, fija el precio para el pedido y manda los documentos a otro administrador.

Este proceso toma aproximadamente seis días y emplea recursos de cinco diferentes departamentos. Trataron de "mejorarlo" y les tomó siete días. En vista del mejoramiento, se decidió hacer el seguimiento de un pedido para ver cuánto tiempo tomaba realmente el proceso, y descubrieron que en siete días de trabajo o 3,360 minutos, el proceso necesitaba otros 3,270 minutos para transmitir información de un departamento a otro.

ACCIONES TOMADAS PARA LA REINGENIERIA CORPORATIVA

1. Reemplazaron a los especialistas con generalistas, quienes tendrían la responsabilidad de todo el proceso.
2. Los generalistas usando adecuadamente sus recursos, completan el proceso en un promedio de cuatro horas.
3. En los casos difíciles se pide la ayuda de los especialistas.

IBM-CREDIT logró una reducción del 90% en el tiempo requerido para el procesamiento de pedidos y un incremento de 100 veces en su productividad.

CARACTERISTICAS IMPORTANTES QUE LOGRA LA REINGENIERIA

Con respecto al líder:

- a) Un líder dentro de la empresa ve la necesidad de cambiar el enfoque y la dirección de la organización.
- b) Articular una visión hacia el futuro.
- c) Ver cuando la empresa está enferma y necesita una operación para salvarla, cuando sólo está en dificultades, y cuando está en perfectas condiciones y quiere reforzar esta ventaja y oportunidad de mejora competitiva.

Con respecto al equipo:

- d) Proceso de todo el equipo a la reingeniería, escogiendo agentes de cambio y organizar el trabajo.
- e) El equipo tiene que identificar los procesos que deben cambiarse, analizarlos e inventar uno nuevo.
- f) Este equipo se forma con los mismos miembros del proceso y de algunos de afuera que retroalimentarán al equipo con sus preguntas e indagaciones que no conocen y así saldrá todo lo importante referente al proceso.

A continuación veremos en figuras, claramente, los pasos en la reingeniería, y el caso de IBM-CREDIT.

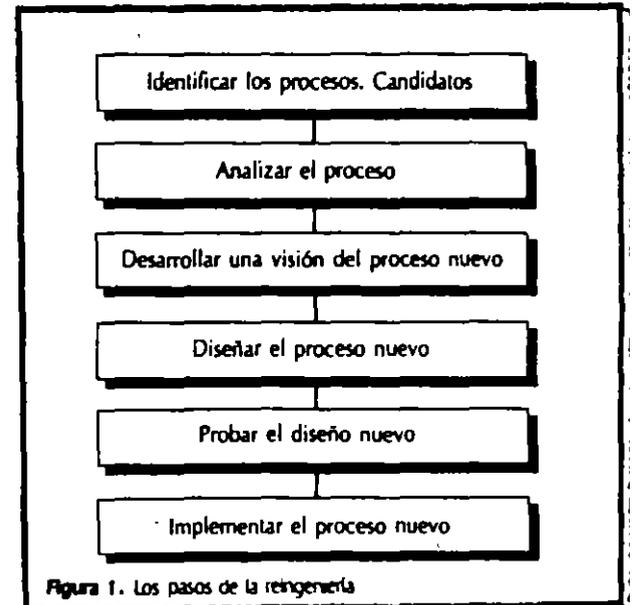


Figura 1. Los pasos de la reingeniería

IBM	Xerox
Investigaciones del mercado	Adquisición de clientes
Seleccionar mercados	Administración de los inventarios y logísticas
Definir requisitos	Diseño de productos y la ingeniería
Desarrollo de hardware	Mantenimiento de productos
Desarrollo de software	Administración de fabricación y operaciones
Desarrollo de servicios	Administración de la tecnología
Fabricación	Administración del mercado
Mantener relaciones con clientes	Administración de los suministradores
Cumplir con pedidos	Administración de información
Proveer servicios	Administración de las finanzas
Responder a los comentarios de los clientes	Administración del negocio
Mercadeo (Marketing)	Administración de los recursos humanos
Integración de soluciones	Administración de los activos fijos
Análisis financiero	Administración de los asuntos legales
Integración de planes	
La contabilidad	
Administración de los recursos humanos	
Administración de la infraestructura de la tecnología informática	

(Adaptada de Davenport, 1993)

Figura 2. Procesos de IBM y Xerox

Problemas	Síntomas
Fragmentación de un proceso natural	Demasiado intercambio de datos Duplicación de datos Reentrada de información Controles que no incrementan el valor del producto
Inhabilidad de responder a incertidumbre en el mercado	Existencia de inventarios
Falta de comunicación entre pasos	Fracasos internos
Demasiada complejidad	Casos especiales Excepciones

(Adaptada de Hammer y Champy, 1993)

Figura 3. Los problemas y sus síntomas

- Las bases de datos
- Las hojas de cálculo
- CASE (Paquetes para la ayuda computarizada para la ingeniería de los sistemas) que genera código
- Idiomas tradicionales
- Idiomas orientados a objetos
- Idiomas de cuarta generación

Figura 4. Herramientas para desarrollar el prototipo

Figura 5. Una comparación de la calidad total y la reingeniería

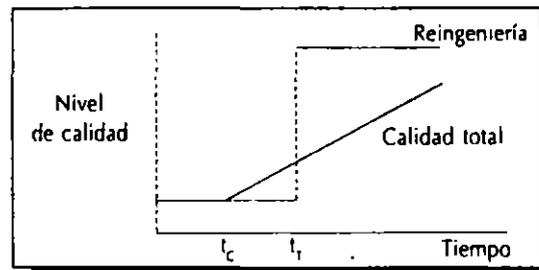
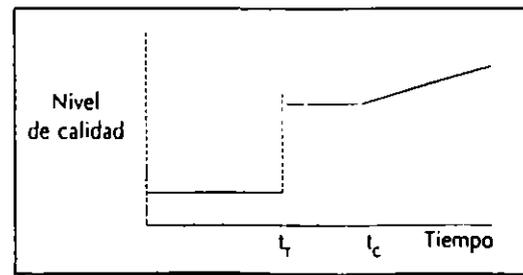


Figura 6. El uso de la reingeniería y la calidad total



¿QUÉ ES LA REINGENIERÍA?

Publicado por:
Industrial Engineering
Institute of Industrial Engineers

RICHARD WILKINSON

El concepto "reengineering" es una solución para empresas que requieren de un reenfoque ante la competencia internacional. Sus principios resultan aplicables a la industria en México, sólo se requiere pensar en grande.

La reingeniería es una metodología. Mediante su aplicación se logra incrementar dramáticamente el rendimiento de las operaciones. Como concepto la reingeniería es simple: no busca las mejoras de los procesos existentes como tales, enfocándose, en

cambio, a examinar las metas organizacionales y las prioridades —sin tomar en cuenta las prácticas y procedimientos existentes— y entonces desarrollar las estrategias óptimas y los sistemas requeridos para lograr "metas amplias".

La aplicación de la reingeniería requiere un esfuerzo

especial pues, presentada como alternativa, la mayoría optará por mejorar los enfoques o planteamientos ya establecidos y difícilmente aceptará la posibilidad de que su estructura existente (la manera en que siempre lo hemos hecho) es inapropiada a las realidades actuales del negocio. En esencia, reingeniería es desarrollar estrategias y tácticas que: 1) reflejen las prioridades y metas actuales de la compañía, y 2) incorporen el potencial actual de la tecnología para hacerlas realidad. La profesión de ingeniería industrial, tal como se conoce con "el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de gente, materiales, equipo y energía", está en una posición privilegiada para lograr el reto de la reingeniería.

El Dr. Michael Hammer explica los principios guía de la reingeniería en un artículo

publicado en el ejemplar de Harvard Business Review de julio/agosto del año pasado.

- Organizar alrededor de resultados, no de tareas.
- Hacer que los que manejen la producción de algún proceso realicen ese cambio.
- Involucrar el trabajo de procesamiento de la información en el trabajo real que produce dicha información.
- Tratar a las fuentes geográficamente dispersas como si estuvieran centralizadas.
- Enlazar las actividades paralelas en vez de integrar sus resultados.
- Poner el punto de decisión donde se realiza el trabajo y desarrollar controles dentro del proceso.
- Capturar la información una sola vez y en la fuente que la genera.

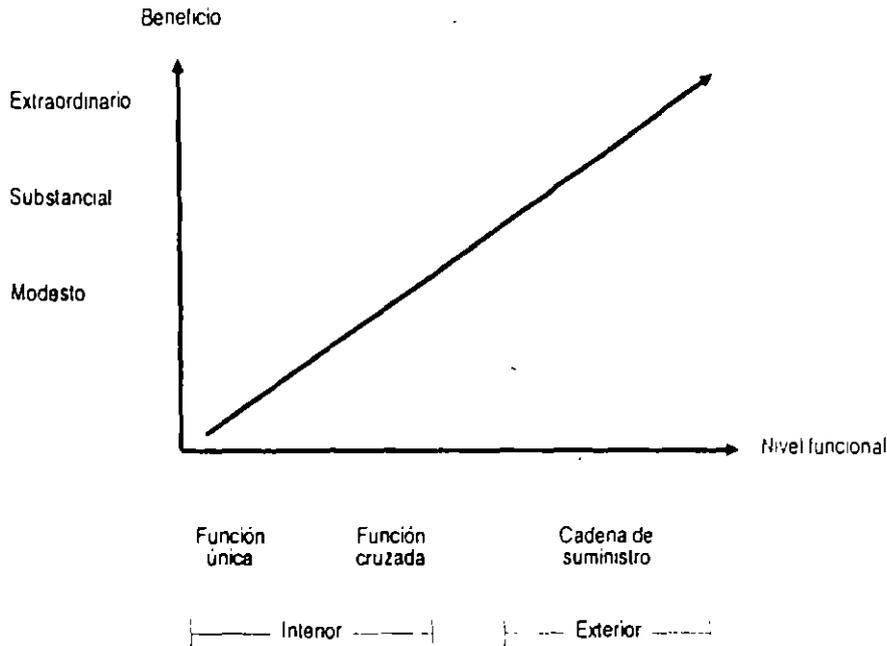
Para los ingenieros industriales, los principios son técnicas básicas para el diseño y análisis de casi todos los procesos. La diferencia es simplemente la escala de aplicación. Considere, por ejemplo, la incorporación de dichos principios dentro de una evaluación de toda la cadena de suministro, desde el vendedor, a través de la distribución, hasta el cliente y los magníficos resultados que se podrían conseguir (figura 1).

La clave es hacer las grandes preguntas:

- ¿Cuál es el producto o meta deseada?
- ¿Qué procesos e información son necesarios para lograr esa meta?

Formular el problema de esta manera es el primer paso en el proceso de la reingeniería, la mejor forma puede no ser arreglar el problema (mejoramiento incremental), sino hacer reingeniería en el proceso que pueda estar causando o acelerando el problema.

FIGURA 1. BENEFICIOS DE LA REINGENIERÍA POR NIVEL FUNCIONAL.



METODOLOGÍA DE LA REINGENIERÍA

La reingeniería es un procedimiento bien definido aplicable de igual forma a la valoración de los procesos existentes para producir productos o servicios, o a la creación de procesos totalmente nuevos. Para diseñar un nuevo proceso, los pasos a seguir son:

- Determinar la meta deseada.
- Diseñar los procesos requeridos para producir la meta.
- Implementar los procesos.

La razón por la cual las reglas son tan claras y francas, es que deben existir pocas reglas que romper o cambiar. Obviamente, cuando una mejora a un proceso existente es considerada, ciertas reglas entrarán en juego en algún grado (equipo, procedimientos, métodos, etc.) Sin embargo, la más costosa es la que limita el impacto de esas reglas (evitando la mentalidad de "arreglarlo" con mejoras aisladas).

Debido a que las reglas existentes se romperán y las nuevas reglas serán implementadas, la resistencia al cambio a través de toda la organización probablemente será alta. Por lo tanto, un elemento crítico de la reingeniería es dirigir con efectividad los

cambios en los procesos de operación, dirección y comunicación desde el principio. Si la idea es buena y la gente en la organización (desde los mandos superiores hacia abajo) cree en ella y la respalda, esta visión se convertirá en realidad.

En su forma básica, la metodología de la reingeniería consta de tres fases claras: rediseño, reherramientación y reorquestación (Figura 2).

Rediseño: Lo más importante para lograr un rediseño exitoso es entender cómo necesitarán trabajar en el futuro los procesos básicos del negocio —como comercializa, mercadea, vende, hace las adquisiciones y distribuye. Esto significa no solo imaginar el resultado final, sino entender las reglas existentes, y determinar cuáles deben saltarse, romperse o cambiarse.

Reherramientación: Una vez que los procesos del negocio han sido rediseñados, nuevas formas de hacer el trabajo y nuevos sistemas de información deben desarrollarse para sostener y apoyar la "visión". Se debe construir una nueva tecnología "infraestructura" —con *hardware* y *software*. Y se le debe dar a la gente la oportunidad para desarrollar las habilidades necesarias para

alcanzar las demandas del negocio rediseñado.

Reorquestación: Es la fase más fácil de comprender en principio, pero es también la que menos se vigila, asumiendo que ocurre automáticamente, o simplemente no se cumple con éxito. Para evitar que esto ocurra, todas las personas involucradas deben creer y comprender el proyecto verdaderamente. Los cambios más importantes de la orquestación serán los que ocurrirán en los mandos superiores, quienes deben asegurarse de que la transformación de visiones y la manera de entender las cosas, sí ocurre. El proceso de reorquestación debe empezar desde el principio del esfuerzo de la reingeniería y continuar a través de los procesos de rediseño y reherramientación.

LA INGENIERÍA INDUSTRIAL COMO LÍDER EN LA REINGENIERÍA

Los ingenieros industriales hacen una aportación insustituible a la reingeniería —su entrenamiento y habilidad tanto para ver y procesar como un todo, y para optimizar las funciones individuales dentro de un proceso. Estas características son la esencia de la reingeniería. Pero uno debe tener cuidado —cualquier optimización debe hacerse con todo el proceso en mente, ya que si una sola función se optimiza a costa del proceso como un todo, no se ha ganado nada.

Por supuesto, sería agradable si todos pudiéramos alcanzar los enormes beneficios que el esfuerzo de la reingeniería aporta en la cadena de suministro, pero la realidad es que el nivel de mejoramiento que cada uno puede alcanzar depende en esta relación con el nivel de responsabilidad de cada quien.

El Director General de una organización puede trabajar a través de la cadena de suministro, desde el proveedor hasta el

cliente. Un director de ingeniería industrial puede trabajar a través de divisiones y funciones, y podría ser capaz de trabajar con algunos puntos de la cadena de suministro. El consultor, que podría estar confinado en "cuatro paredes", puede trabajar a través de las funciones dentro de la operación, no sólo en la optimización de una sola función, basados en su entendimiento de la operación en el contexto de toda la cadena de suministro. Consideremos una aplicación del mundo real.

Antecedentes: Una corporación detallista estadounidense localizada en el medio oeste distribuye producto a mil tiendas de compañías en toda la nación desde un solo centro de distribución localizado junto a sus oficinas centrales. Cuando esta compañía fue fundada, hace 50 años, la mayoría de sus productos eran de origen nacional.

Situación: Con la emergencia surgida de mercados laborales tan baratos en el extranjero, la cantidad de producto originado en el país ha caído a solo 10% de las ventas, 90% de las ventas es originario del lejano Oriente e importado a través de Long Beach, California. En suma, el actual cambio rápido en estilos y la tendencia a elevar el servicio al cliente ha llevado a un incremento en los costos de distribución. Este incremento de costo, combinado con el largo tiempo de llevar la delantera de los proveedores extranjeros, ha llevado a la preasignación de 60% del volumen total del producto previa su entrada a los EU.

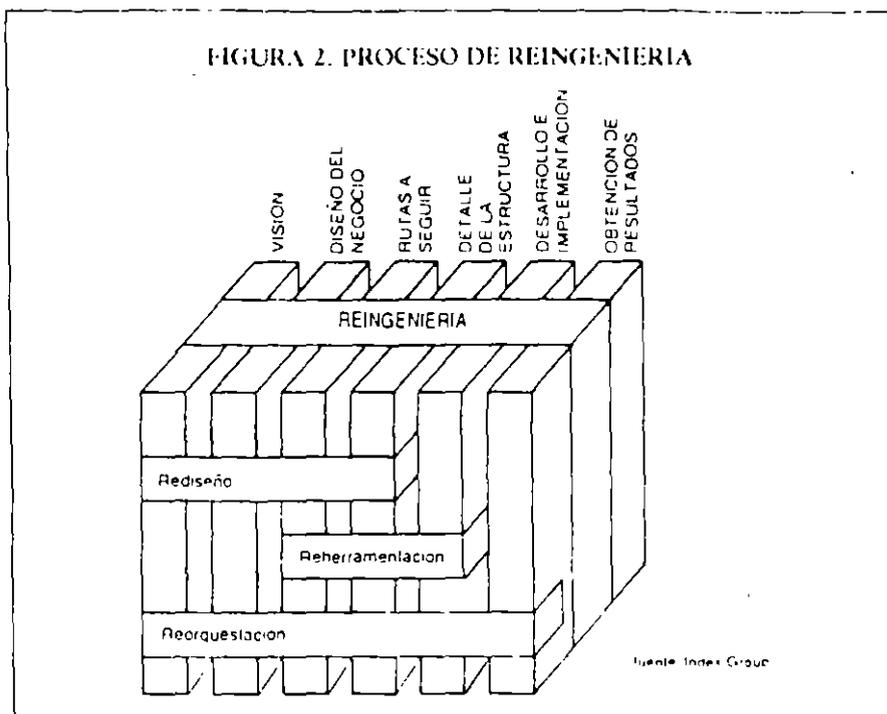
Actualmente, 100% del producto se transporta al centro de distribución existente y luego es enviado a las tiendas.

Retó. Incrementar los beneficios a través de un decremento significativo en los costos de distribución.

Soluciones tradicionales:

- Negociar tarifas más bajas con los fletistas.
- Optimizar las operaciones del centro de distribución: métodos para recoger o levantar los contenedores o cajas rotas que actualmente consisten en levantarlas desde los anaqueles, el flujo del producto a través del centro de distribución es ineficiente por la pobre distribución de la planta hacia el CD, las operaciones de flete actualmente requieren una carga entera para estabilizarlas antes de cargarlas para su flete.

Estas soluciones tradicionales, que no requieren de mucho acrecentamiento de los sistemas, proveen de un mejoramiento en el beneficio marginal a través de la



racionalización de las funciones. Estas soluciones tradicionales también rompen muy pocas reglas existentes, reglas que han evolucionado a través de los años y no son válidas en el ambiente actual.

Soluciones de la reingeniería:

- Con el 90% de los productos importados a través de Long Beach y 60% preasignado, el 54% del volumen total podría fusionarse o consolidarse en la costa oeste, mandarse en camión a los agentes distribuidores en las grandes áreas metropolitanas, y entregadas a las tiendas por los agentes.
- El producto restante que se importa a través de Long Beach (36% del volumen total) podría almacenarse en una instalación en la costa Oeste, recoger las cajas rotas según se requiera, y fusionarse con las cargas existentes y mandárselas a los agentes distribuidores.
- El 10% del producto que se surte nacionalmente podría seguir siendo provisto desde los centros de distribución actuales. Esta solución de reingeniería rompe con la regla que limita la rentabilidad: todos los productos deben fluir a través del centro de distribución actual. También necesitan un rediseño completo de los procesos de dirección, operación y comunicación, así como los sistemas de información necesarios para sostenerlos. El esfuerzo de reorganización requerido sería muy fuerte.

Sin embargo, el potencial de mejoramiento de la rentabilidad es igualmente enorme

—substantialmente mayor que los ofrecidos por las soluciones tradicionales.

La clave es pensar en grande, no restringirse por las reglas existentes y obtener el compromiso de los mandos superiores hacia abajo para asegurar el éxito.

VISIÓN A LO GRANDE

La profesión de ingeniería industrial está llamada para proveer el liderazgo en las áreas de reducción de costos y mejoramiento de productividad y calidad. Para hacer esto, necesitamos salirnos del molde de búsqueda de mejoras incrementales hacia los procesos existentes, y en cambio expandir nuestros horizontes para abarcar la visión a lo grande. El avance de la filosofía de la reingeniería y la promoción de esta metodología (rediseño, reherramientación y reorganización) puede ser una de las mejores oportunidades de la profesión de ingeniería industrial de realzar mejoras de productividad en todos los niveles de la organización.

Richard Wilkinson, consultor de dirección con Cleveland Consulting Associates (especializado en ingeniería industrial) y en todos los aspectos de las operaciones logísticas. Anteriormente tuvo los cargos de gerente de servicios productivos y gerente de ingeniería industrial en Volume Shoe Corporation (un comercio de calzado de \$1 billón de dólares al año. Miembro Senior de IIE).

Reingeniería corporativa

- **Concepto**

- **Enfoque hacia procesos**

- **Características**

PREPARACION PARA EL CAMBIO

Vivimos hoy en día en un mundo de cambios. Hemos visto la caída de países grandes y potentes, la fragmentación de otras naciones y la creación de otras. Los participantes en estos cambios estuvieron y están en medio de un ambiente de riesgos e incertidumbre, pero así es el cambio.

Los cambios hoy no sólo se encuentran en el campo político. El ambiente en que las empresas se encuentran es muy dinámico y explosivo, y algunas razones para la aceleración de los cambios intraorganizacionales.

Los gerentes y empresarios no pueden pensar solamente en lo que la competencia local hace ahora y qué planea para el futuro. Tienen que pensar también en los empresarios de Estados Unidos, China, Canadá, Japón, etcétera.

FILOSOFIAS ACTUALES IMPORTANTES PARA EL CAMPO Y EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL

Actualmente hay dos filosofías importantes para el cambio y el desarrollo

David S. Murphy
Don R. Hansen

Facultad de Administración de Negocios, Universidad Estatal de Oklahoma.

Maribel Cervon

Directora de la Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Tepepan, IPN.

organizacional. la calidad total (el mejoramiento continuo) y la reingeniería (el mejoramiento de golpe). Estas dos herramientas pueden trabajar mano con mano para avanzar en la productividad y la habilidad de competir de la empresa. En este artículo presentaremos los conceptos básicos de la reingeniería y cómo pueden estas herramientas trabajar juntas.

LA REINGENIERIA

El propósito de la reingeniería no es hacer cambios sustanciales en la productividad ni en la calidad de una empresa, no hacer un cambio rápido y completo en la estructura de la empresa para tomar pasos grandes en productividad y calidad.

Concepto

Es el cambio de procesos para el incremento de la productividad y el logro de la calidad total.

La reingeniería es un proceso por el cual podemos ver y diseñar de nuevo los

procesos fundamentales de una empresa para lograr mejoras dramáticas en los factores clave de éxito.

FACTORES COMO CALIDAD, COSTOS, VELOCIDAD Y SERVICIO

Primer concepto

Preguntas para hacer reingeniería

1. ¿Por qué hacemos lo que hacemos?
2. ¿Por qué lo hacemos de esta manera?
3. ¿Dónde estamos?
4. ¿Dónde queremos estar?

Segundo concepto

Hacer cambios dramáticos

No es suficiente mejorar unos procesos, es inventar la corporación de nuevo, diseñar procesos adecuados para el ambiente de hoy.

Tercer concepto

Enfoque hacia procesos en vez de hacia departamentos.

Es ver a la empresa, sin fragmentación del trabajo, sino como un proceso. ejemplo: la fabricación de un producto tiene entradas, como materias primas, transformaciones y salidas del producto. Este proceso cruza departamentos. Pero la reingeniería en los procesos y no los lugares de trabajo son los importantes.

EJEMPLO DE LA APLICACION DE LA REINGENIERIA DE PROCESOS EN IBM-CREDIT

La corporación IBM-CREDIT (1993) (una de las 100 más importantes empresas de servicios en el mundo)

Objetivo: Proveer financiamiento para los clientes que compran computadoras y servicios de IBM.

Proceso

1. Llamada de los vendedores de IBM a IBM-CREDIT
2. Representante de IBM-CREDIT (uno de los 14), recibe la llamada
3. Escribe la información dada por el vendedor en un documento.
4. Alguien tiene que llevar el documento al 20. piso donde un operador introduce la información en la computadora
5. La computadora realiza un análisis de la capacidad del cliente para asumir su cuenta, un especialista toma la decisión de ofrecer o no el crédito.
6. El especialista toma la información y la manda a otro departamento.
7. En este departamento un especialista hace las modificaciones al contrato solicitado por el cliente.
8. Manda el documento al departamento de precios, donde otro especialista, usando hoja de cálculo, fija el precio para el pedido y manda los documentos a otro administrador.

Este proceso toma aproximadamente seis días y emplea recursos de cinco diferentes departamentos. Trataron de "mejorarlo" y les tomó siete días. En vista del mejoramiento, se decidió hacer el seguimiento de un pedido para ver cuánto tiempo tomaba realmente el proceso, y descubrieron que en siete días de trabajo o 3,360 minutos, el proceso necesitaba otros 3,270 minutos para transmitir información de un departamento a otro.

ACCIONES TOMADAS PARA LA REINGENIERIA CORPORATIVA

1. Reemplazaron a los especialistas con generalistas, quienes tendrían la responsabilidad de todo el proceso.
2. Los generalistas usando adecuadamente sus recursos, completan el proceso en un promedio de cuatro horas.
3. En los casos difíciles se pide la ayuda de los especialistas.

IBM-CREDIT logró una reducción del 90% en el tiempo requiriendo para el procesamiento de pedidos y un incremento de 100 veces en su productividad

CARACTERISTICAS IMPORTANTES QUE LOGRA LA REINGENIERIA

Con respecto al líder:

- a) Un líder dentro de la empresa ve la necesidad de cambiar el enfoque y la dirección de la organización.
- b) Articular una visión hacia el futuro
- c) Ver cuando la empresa está enferma y necesita una operación para salvarla, cuando sólo está en dificultades, y cuando está en perfectas condiciones y quiere reforzar esta ventaja y oportunidad de mejora competitiva.

Con respecto al equipo:

- d) Proceso de todo el equipo a la reingeniería, escogiendo agentes de cambio y organizar el trabajo
- e) El equipo tiene que identificar los procesos que deben cambiarse, analizarlos e inventar uno nuevo.
- f) Este equipo se forma con los mismos miembros del proceso y de algunos de afuera que retroalimentarán al equipo con sus preguntas e indagaciones que no conocen y así saldrá todo lo importante referente al proceso.

A continuación veremos en figuras, primero, los pasos en la reingeniería, y el caso de IBM-CREDIT

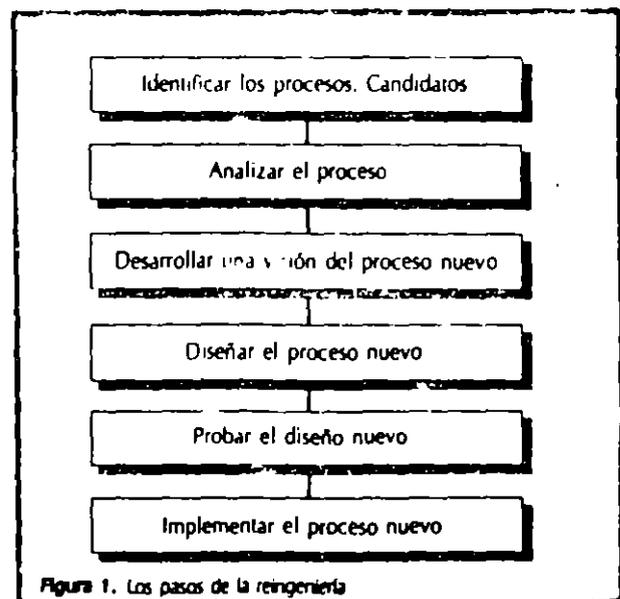


Figura 1. Los pasos de la reingeniería

IBM	Xerox
Investigaciones del mercado	Adquisición de clientes
Seleccionar mercados	Administración de los inventarios y logísticas
Definir requisitos	Diseño de productos y la ingeniería
Desarrollo de hardware	Mantenimiento de productos
Desarrollo de software	Administración de fabricación y operaciones
Desarrollo de servicios	Administración de la tecnología
Fabricación	Administración del mercado
Mantener relaciones con clientes	Administración de los suministradores
Cumplir con pedidos	Administración de información
Proveer servicios	Administración de las finanzas
Responder a los comentarios de los clientes	Administración del negocio
Mercadeo (Marketing)	Administración de los recursos humanos
Integración de soluciones	Administración de los activos fijos
Análisis financiero	Administración de los asuntos legales
Integración de planes	
La contabilidad	
Administración de los recursos humanos	
Administración de la infraestructura de la tecnología informática	

(Adaptada de Davenport, 1993)

Figura 2. Procesos de IBM y Xerox

Problemas	Síntomas
Fragmentación de un proceso natural	Demasiado intercambio de datos Duplicación de datos Reentrada de información Controles que no incrementan el valor del producto
Inhabilidad de responder a incertidumbre en el mercado	Existencia de inventarios
Falta de comunicación entre pasos	Fracasos internos
Demasiada complejidad	Casos especiales Excepciones

(Adaptada de Hammer y Champy, 1993)

Figura 3. Los problemas y sus síntomas

- Las bases de datos
- Las hojas de cálculo
- CASE (Paquetes para la ayuda computarizada para la ingeniería de los sistemas) que genera código
- Idiomas tradicionales
- Idiomas orientados a objetos
- Idiomas de cuarta generación

Figura 4. Herramientas para desarrollo

Figura 5. Una comparación de la calidad total y la reingeniería

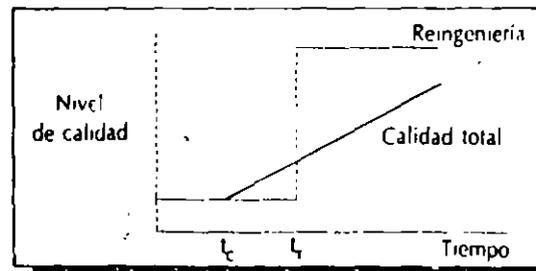
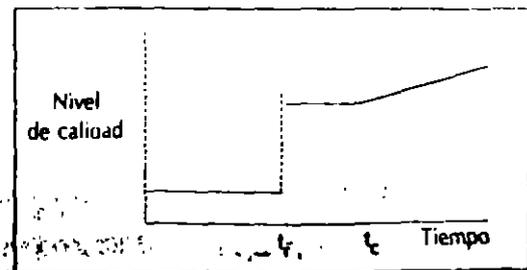
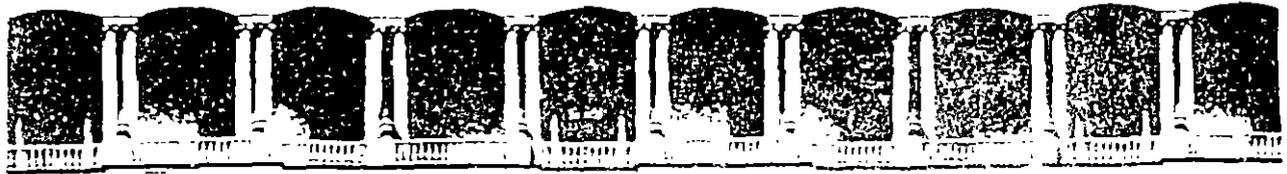


Figura 6. El uso de la reingeniería y la calidad total





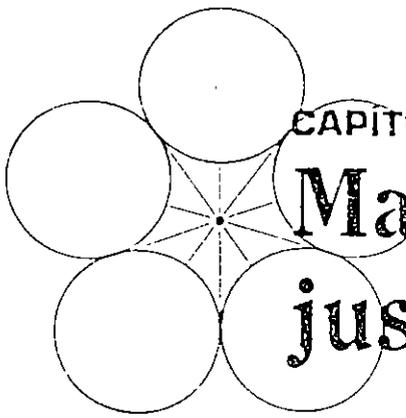
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIPLOMADO EN INGENIERIA DE PRODUCCION

MODULO IV: DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

A N E X O

Octubre, 1995.



CAPITULO 16

Manufactura justo a tiempo

- 16.1 La filosofía JIT
- 16.2 Los elementos de un sistema JIT
- 16.3 Estabilizando el programa maestro
- 16.4 El sistema Kanban
- 16.5 Reducción del tiempo de preparación y de los tamaños del lote
- 16.6 Distribución de la planta y del equipo
- 16.7 Efecto en los trabajadores
- 16.8 Proveedores
- 16.9 Comparación con los sistemas MRP
- 16.10 Utilización de JIT
- 16.11 Puntos clave
 - Preguntas
 - Problemas
 - Lecturas recomendadas

En este capítulo se explicará la filosofía de la manufactura justo a tiempo (JIT). JIT recibe el nombre de filosofía debido a que va más allá del control de inventario y abarca al sistema de producción en su totalidad. En pocas palabras, JIT es un enfoque que busca eliminar todas las fuentes de desperdicio, cualquier cosa que no agregue valor en las actividades de producción para proporcionar la parte correcta en el lugar correcto y en el momento oportuno. Por lo tanto las partes se producen justo a tiempo para satisfacer los requerimientos de manufactura, en lugar del enfoque tradicional, que es producir las partes sólo en caso de que se necesiten (JIC-Just in case). El sistema JIT resulta en un inventario mucho menor, costos menores y una mejor calidad en comparación con el enfoque JIC.

En este capítulo, se explica en detalle la filosofía JIT y se compara con el enfoque MRP. No obstante que la JIT va más allá del control de inventario, la JIT se describe en el texto como una alternativa de los sistemas MRP para ciertos tipos de produc-

ción y también como un puente para la administración de la fuerza de trabajo que se presenta en la siguiente sección. Asimismo se describen algunos resultados concretos que se han obtenido de sistemas JIT y un planteamiento de utilización diseñado para lograr el máximo beneficio de JIT.

16.1

LA FILOSOFÍA JIT

El sistema JIT se desarrolló en la Toyota Motor Company en Japón. Aun cuando Schonberger (1982) indica que la JIT se podría situar hace 20 años o más en la industria japonesa para la fabricación de barcos, la aplicación moderna del JIT se popularizó a mediados de los setenta en la Toyota por parte del Sr. Taiichi Ohno, uno de los vicepresidentes de Toyota y varios de los colegas del Sr. Ohno. Entonces, el concepto JIT fue, aparentemente, transferido a Estados Unidos alrededor de 1980 en la planta de Nebraska de la Kawasaki's Lincoln. Desde entonces, muchas de las mejores corporaciones en Estados Unidos han estado utilizando JIT, incluyendo aquellas que pertenecen a las industrias automotriz y electrónica. JIT está alcanzando un amplio uso en la industria americana hoy en día.

Probablemente se puede determinar el origen de las raíces del sistema JIT en el medio ambiente japonés. Debido a una falta de espacio y de recursos naturales, los japoneses han desarrollado una aversión al desperdicio. Consideran el desecho y el reproceso como un desperdicio y entonces se esfuerzan por tener una calidad perfecta. También creen que el almacenamiento en inventario desperdicia espacio y obstruye materiales valiosos. Cualquier cosa que no contribuya con valor al producto se considera un desperdicio. En contraste, las compañías de Estados Unidos, con espacios más amplios y un basto suministro de materias primas, no han visto el desperdicio de la misma forma. Como resultado, fue natural que la filosofía JIT se desarrollara en Japón. Aún más, como se verá en este capítulo, no existe nada culturalmente inherente en el sistema JIT que evite el que las compañías de Estados Unidos utilicen o mejoren el sistema JIT. Muchas compañías de Estados Unidos están comprometidas a realizar el trabajo con JIT como una forma de supervivencia económica!

Además de eliminar el desperdicio, JIT tiene otros principios importantes en su filosofía al utilizar la total capacidad del trabajador. Los trabajadores en el sistema JIT se responsabilizan en producir partes de calidad justo a tiempo para respaldar el siguiente proceso de producción. Si no pueden cumplir con esta responsabilidad, se requiere que los trabajadores detengan el proceso de producción y soliciten ayuda. Junto con la mayor responsabilidad de la producción, los trabajadores están obligados a mejorar el proceso de la producción. Mediante círculos de calidad, sistemas de sugerencias y otras formas de participación, los trabajadores ofrecen mejoras al proceso de producción. Entonces, se utiliza la capacidad del trabajador en mucha mayor medida en el sistema JIT que en los enfoques tradicionales de producción.

¹Para más detalles acerca de la historia de JIT, consultar Hall (1981) y Hall (1982).

El objetivo del sistema JIT no es, sin embargo, la participación del trabajador, más bien es mejorar las utilidades y el rendimiento sobre la inversión a través de reducciones de costo, reducciones de inventario y mejoras en la calidad. Los medios para lograr estos objetivos son eliminar el desperdicio e involucrar al trabajador en el proceso de producción. En la siguiente sección se resumen los elementos básicos del sistema JIT para realizar lo anterior.

Se subraya el uso de JIT para manufactura repetitiva, que es una aproximación que se asemeja a la producción en masa. La manufactura repetitiva es la fabricación de productos discretos estandarizados en gran cantidad. Sin embargo, algunos de los conceptos del JIT se pueden aplicar también a la producción en lotes, que es inherentemente de naturaleza no repetitiva. No obstante, la aplicación principal, a la fecha, del sistema JIT ha sido en las industrias repetitivas de: automóvil, electrónica, aparatos, motocicletas, etc. Un uso común de los conceptos de JIT se da en el cuadro 16.1.

CUADRO 16.1

LA PLANTA DE IBM EN AUSTIN

IBM ha instituido la manufactura de flujo continuo (CFM), es decir, el término de IBM para designar JIT en su planta de Austin, Texas. Dicha planta produce tarjetas de circuito impreso para computadoras personales y otros productos de IBM. Los objetivos de este esfuerzo de JIT fueron: 1) reducir el inventario y otros desperdicios, 2) mejorar la calidad a cero defectos, 3) mejorar la flexibilidad mediante la reducción de hileras, tiempos de ajuste y tamaños de lote, 4) revisar el proceso del flujo de la producción, 5) establecer controles simples, transparentes y 6) desarrollar un hábito de mejora continua. Estos objetivos se llevaron a cabo al establecer un cierto número de grupos para puesta en marcha. A estos grupos se les responsabilizó no únicamente de la definición del plan de mejora de la JIT sino de la educación de los empleados y de llevar a efecto el plan.

La educación se llevó a cabo gracias a las presentaciones de los conceptos JIT a todos los empleados y cursos a fondo para aquellos que fueron seleccionados para formar parte de los grupos de mejora. La puesta en marcha hizo uso del análisis del proceso que incluyó cartas de flujo y análisis de datos de todos los procesos de manufactura. Como resultado, se colocaron marcas en las estaciones de trabajo para cada proceso en términos del tiempo del ciclo, el nivel de inventarios en proceso y la capacidad para adaptar los procesos. JIT se llevó a cabo instituyendo un sistema de grupo para el movimiento del material; sistemas anteriores habían utilizado la programación y agrupamiento directo para colocar las partes en el ensamble. Tamaños pequeños de lotes y descargas diarias reemplazaron las descargas semanales de partes. Se utilizaron recipientes con Kanban para organizar el flujo de material en lotes pequeños con reposición frecuente. Se integraron las estaciones de prueba y reparación en las líneas de producción de tal forma que se llevaba a cabo una retroalimentación inmediata. Los grupos también instituyeron la administración por vigilancia mediante el uso de tableros electrónicos en los cuales se indicaban los niveles de calidad, los problemas, los cambios de proceso y otras informaciones necesarias para proporcionar una rápida retroalimentación a los operadores.

Como resultado de estos cambios, se alcanzaron resultados significativos. El tiempo de ciclo se redujo en 50 por ciento, la calidad se mejoró en 30 por ciento, la productividad en un 10 por ciento y el inventario se redujo en un 40 por ciento. Estos resultados fueron

alcanzados únicamente gracias a una educación profunda y al involucramiento de toda la gente en la planta. Las mejoras continuas han sido parte de la filosofía JIT, la que se ha puesto en marcha.

Fuente: Spencer, Dale, et al., "Case Studies of JIT Implementation at Westinghouse and IBM", Washington D. C. APICS, 1986

16.2

LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA JIT

Antes de entrar en el detalle del sistema JIT, se resumirá brevemente cómo trabaja el sistema como un todo. Esto se realizará iniciando con el programa maestro y trabajando en retroceso desde el proceso de producción hasta los proveedores.

En JIT el programa maestro (o programa de ensamble final) se planea de uno a tres meses con objeto de permitir que los centros de trabajo y los proveedores planeen sus respectivos programas de trabajo. Dentro del mes en curso se ajusta el programa maestro diariamente. En otras palabras, se produce la misma cantidad de producto diariamente durante el mes entero. Además, se programan lotes pequeños (de preferencia que el tamaño del lote sea igual a uno) en el programa maestro para proporcionar una carga uniforme a la planta y a los proveedores durante cada día. La ventaja de esta clase de programa maestro es que proporciona demandas casi constantes sobre todos los centros de trabajo y proveedores anteriores.

JIT utiliza un sistema simple de retiro de partes (llamado Kanban) para llevar partes de un centro de trabajo al siguiente.² Las partes se conservan en recipientes pequeños y se provee solamente un número específico de estos recipientes. Cuando se llenan todos los recipientes, se apagan las máquinas y no se producen más partes hasta que el centro de trabajo subsecuente (usuario) proporciona otro recipiente vacío. Entonces, el inventario de producto en proceso se limita a recipientes disponibles, y las partes se proveen únicamente conforme se necesitan. El programa del ensamble final traslada las partes de un centro de trabajo al siguiente exactamente a tiempo para cubrir las necesidades de producción. Si un proceso se detiene debido a la descompostura de una máquina o a problemas de calidad, todos los procesos anteriores en forma automática se detienen cuando los recipientes de sus partes se llenan.

El objetivo de JIT es producir partes en un lote de tamaño uno. En muchos casos, esto no es económicamente factible debido al costo de preparación de la máquina en comparación con el costo que tiene llevar el inventario. La solución de JIT a este problema es reducir el tiempo de preparación tanto como sea posible, idealmente a cero. El tiempo de preparación no se toma como lo que es, en su lugar se le considera como una causa del exceso de inventario. Tiempos de preparación cortos resultan en tamaños de lote pequeños, económicos y tiempos de espera de producción más cortos. La disminución del tiempo de preparación de las máquinas es un punto clave del sistema JIT. Con tiempos de espera más cortos y menos material en

²Kanban significa "tarjeta" o "señal" en japonés, dado que se utilizan las tarjetas u otros métodos para señalar la necesidad de mayor producción.

proceso, el sistema de producción también es mucho más flexible a los cambios del programa maestro

Con un agravamiento en los cambios repentinos y en lotes pequeños, se requiere al trabajador que realice muchas funciones. Se necesita la capacitación cruzada de tal forma que un trabajador pueda cambiar de una máquina a la siguiente, y a la siguiente, de tal manera que los trabajadores puedan realizar su propia disposición y mantenimiento. Esto requiere un rango más amplio de habilidades que en la manufactura tradicional. JIT requiere no únicamente mayores habilidades sino un trabajo en grupo y coordinación mucho mayores dado que el inventario no está disponible para cubrir problemas en el sistema. El sistema de producción completo debe ser coordinado en forma más cercana por los trabajadores

La distribución de la planta es muy diferente con JIT dado que el inventario se conserva en el piso del taller y no se almacena entre procesos. El inventario se conserva abierto, de tal forma que está realmente disponible para el siguiente proceso. Dado que el inventario se mantiene por lo general en un nivel bajo unas cuantas horas de suministro, las plantas pueden ser mucho más pequeñas debido a que se necesita un espacio reducido de almacenamiento. Una comparación demostró que se necesitaba una tercera parte del espacio cuando se comparaba con plantas convencionales.¹

La calidad es absolutamente esencial con un sistema JIT. No sólo los defectos producen desperdicios, sino que también pueden conducir al proceso de producción a un paro. Dado que no se tiene inventario para cubrir los errores, se requiere una calidad perfecta en un sistema JIT. El sistema JIT, sin embargo, facilita muy bien la calidad dado que los defectos se descubren rápidamente en el siguiente proceso. Los problemas de calidad reciben la atención de toda la planta conforme la línea de producción se detiene cuando surgen problemas. Un sistema JIT está diseñado para exponer los errores y corregirlos más que cubrirlos con inventario.

Finalmente, las relaciones con los proveedores cambian en forma radical en un sistema JIT. Se les solicita a los proveedores que realicen entregas más frecuentes (hasta cuatro veces al día) de manera directa a la línea de producción. Los proveedores reciben recipientes Kanban, de la misma manera que lo tienen implantado los centros de trabajo, dado que los proveedores son considerados como una extensión de la planta. Se requieren con frecuencia cambios en los procedimientos de embarque y una proximidad cercana de los proveedores para integrar los en forma efectiva en los procedimientos de JIT. Se requiere también que los proveedores entreguen una calidad perfecta. Se requiere una revolución en la forma que con frecuencia se piensa acerca de los proveedores: se debe pensar acerca de ellos como socios más que como adversarios.

Como se puede ver, JIT afecta prácticamente cada aspecto de las operaciones de la planta: tamaño del lote, programación, calidad, equipo, proveedores, relaciones laborales, etc. De la misma manera que los alcances son extensos, son los beneficios potenciales. Las rotaciones de inventario de 50 a 100 veces, calidad superior y sustanciales ventajas de costo (del 15 al 25 por ciento menos) se han reportado. Sin

¹William Haraoka, Ford Motor Company, en un plénum dada para el Minnesota Executive Program, octubre 1982

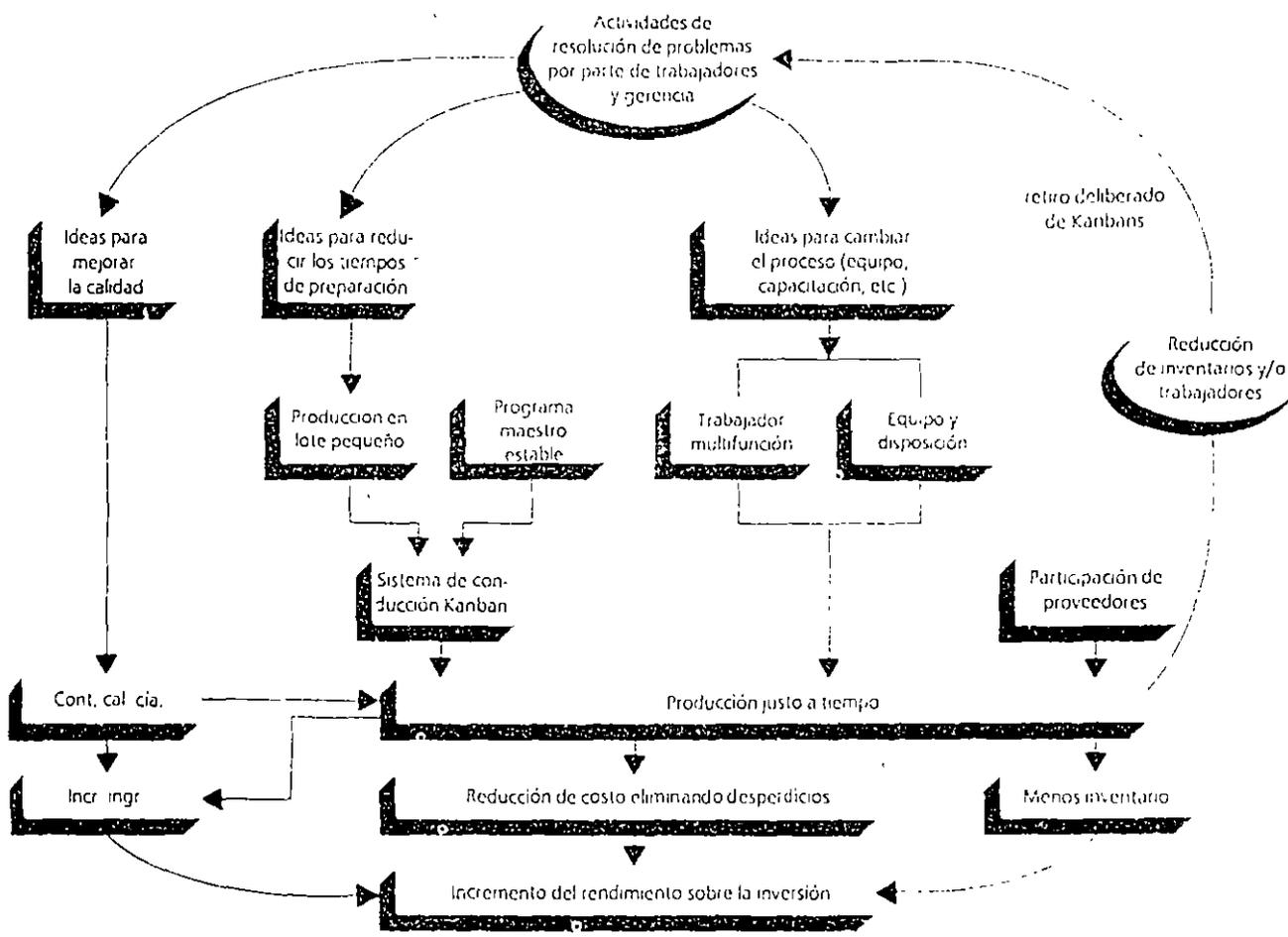


FIGURA 16.1 Sistema JIT. Adaptado de Monden (1983), p. 3, y Schonberger (1982), p. 26

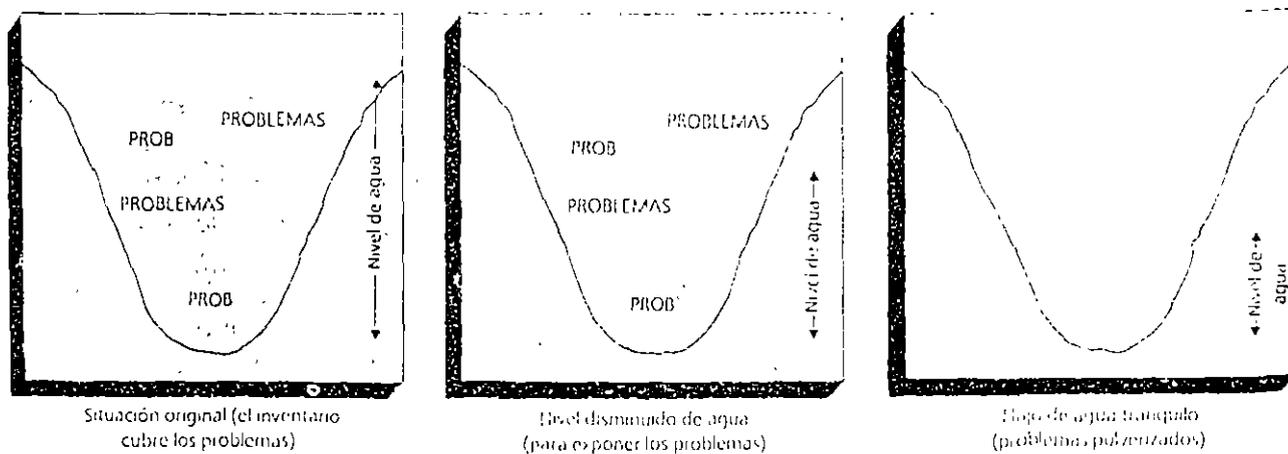


FIGURA 16.2 Analogía con la corriente de agua.

embargo, el objetivo de JIT es mejorar el rendimiento sobre la inversión (ROI) tal como se indica en la figura 16.1. El ROI se mejora conforme aumentan los ingresos, se reducen los costos y se requiere menos inversión. Un sistema JIT puede aumentar los ingresos mejorando la calidad, tal como ya se explicó, o dando un mejor servicio de entrega. Un mejor servicio se proporciona mediante tiempos de espera más cortos, lo que permite una respuesta más rápida a las necesidades del cliente y un mejor comportamiento de los compromisos del programa. Las reducciones de costos se pueden obtener en materiales (menos desperdicios y reprocesos), mano de obra e indirectos. Finalmente, la inversión se reduce a través de menos inventario y un mayor rendimiento de planta y equipo. Cuando se evalúa el JIT, su efecto en la línea de fondo y sobre la inversión se debe probar al final.

La figura 16.1 también indica cómo los varios elementos que se han descrito (lotes pequeños, programa maestro estable, etc.) contribuyen a la producción JIT. El aspecto más importante que se debe observar, sin embargo, es que las actividades de resolución de problemas de la gerencia y los trabajadores impulsan el sistema completo. Estas actividades de resolución de problemas son impulsadas, a su vez, por eliminación de inventario, el cual se considera como la "raíz de todo mal". El sistema de producción JIT, por lo tanto, se fundamenta en una filosofía de mejoramiento constante.

Una analogía de JIT se presenta en la figura 16.2. La producción se ve como un sistema de encubrimiento de corrientes de agua, como previamente se indicó en el capítulo 14. La corriente de agua en el arroyo se considera el inventario. En el fondo de cada arroyo están las rocas, que representan los problemas relativos a calidad, entrega de los proveedores, descomposturas de maquinaria, etc. El enfoque tradicional es conservar el inventario lo suficientemente alto para cubrir las rocas y de esta manera conservar el flujo en el arroyo. El enfoque JIT es lo contrario; el nivel de agua se disminuye para exponer la parte superior de las rocas. Cuando éstas se han pulverizado (es decir, problemas resueltos), se disminuye nuevamente el nivel del agua para dejar al descubierto más rocas. Este proceso se repite hasta que todas las rocas se hacen añicos y la corriente de agua fluye con suavidad en un nivel bajo.

Esta analogía es muy buena debido a que saca a la luz el enfoque de resolución de problemas, que es el corazón del JIT. El cómo trabaja esto se explicará en seguida con cierto detalle a través de la exposición de cada uno de los principales elementos de un sistema JIT.

16.3

ESTABILIZANDO EL PROGRAMA MAESTRO

El proceso de planeación de la producción comienza con un plan de producción a largo plazo, el cual entonces se descompone en planes anuales, mensuales y diarios. Este proceso se indica en forma esquemática en la figura 16.3. En cada punto en el proceso, se consideran las ventas, se realiza la planeación de la utilidad y también la capacidad. Este proceso de planeación empieza con un plan de producción agregada y sucesivamente se refina en modelos y productos específicos.

El programa maestro se diseña en el nivel mensual y diario de tal manera que se logre alcanzar una carga uniforme. El horizonte de producción para modelos específicos se debe establecer al menos en un mes por adelantado y, si es posible, en dos o tres meses.

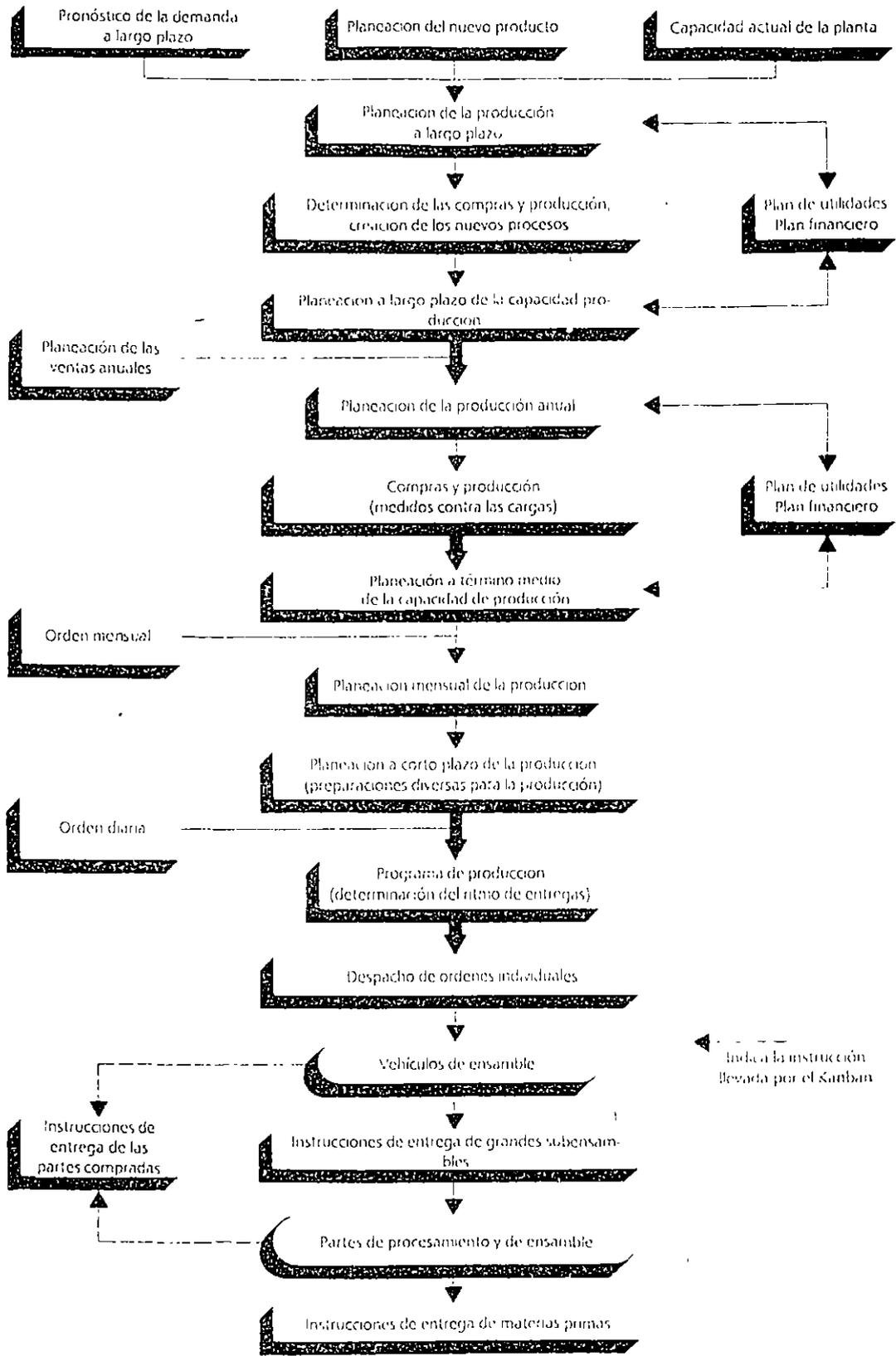


FIGURA 16.3
Estructura de la planeación de la producción
Fuente: Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho, y S. Uchikawa, "Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and Respect for Humanism," *International Journal of Production Research*, vol. 15, núm. 6, pp. 553-564, 1977.

← Indica la instrucción llevada por el Kanban

por adelantado, dependiendo de los tiempos de espera para producción, compras y cambios de capacidad. Supóngase para propósitos de discusión que se utiliza el programa rotativo de un mes, donde se programa por adelantado un mes de producción. También supóngase que el programa exige 10 000 unidades de producto A, 5000 unidades de producto B y 5000 unidades de producto C. Si se tienen 20 días de producción en el mes, entonces el programa diario exige que se produzca diariamente $1/20$ de cada modelo: 500A, 250B y 250C. Además, las unidades individuales se mezclarán conforme avanzan en la línea de producción. La secuencia será | AABC | AABC | AABC |. Nótese cómo dos unidades de A se producen por cada unidad de B y C. Entonces la secuencia se repite continuamente.

La razón de por qué se nivela la producción a este extremo es porque crea una carga uniforme en todos los centros de trabajo que soportan el ensamble final. Esta secuencia presupone, por supuesto, que el costo de cambio entre modelos es cero o casi cero. Si esto no es así, la línea de ensamble final deberá rediseñarse para lograr un costo muy bajo de cambio de modelos. Posteriormente se explicará cómo se hace esto.

En algunos casos, no será posible o económico alcanzar una producción perfectamente mezclada en la línea de ensamble final. En este caso, se deben programar lotes muy pequeños, y esto depende del equilibrio entre los costos de disposición y los costos de llevar el inventario. El objetivo de la producción de una sola unidad, sin embargo, no deberá abandonarse dado que ordinariamente conduce a costos más bajos de sistema. Un ejemplo real de cómo se realiza la programación en Toyota se da en el cuadro 16.2.

Una vez que se ha definido el programa maestro mensual, esta información se debe transmitir a todos los centros de trabajo y proveedores. Entonces ellos planearán su capacidad en términos de cantidad de trabajadores requeridos, tiempo extra, subcontratación y posible nuevo equipo. Se debe dar suficiente tiempo de espera para que ellos obtengan los recursos que necesitan para hacer el trabajo.

El sistema JIT no permite la sobreproducción una vez que se ha establecido la cuota diaria. Por ejemplo, si la cuota diaria se alcanza en 7 horas, la producción se detiene y los trabajadores encargados de ella realizan trabajos de mantenimiento o realizan juntas del círculo de calidad. En forma parecida, si la producción disminuye, usualmente se cumple con la cuota mediante tiempo extra el mismo día. Esto se facilita mediante programación de corrimientos, lo cual deja cierto tiempo entre ellos. Por ejemplo, una operación de dos corrimientos podría programarse de 7 a.m. a 3 p.m. y de 5 p.m. a 1 a.m. El mantenimiento y el tiempo extra se programan entre corrimientos. El objetivo del sistema JIT es producir la cantidad correcta cada día, ni más ni menos.

CUADRO 16.2

PLAN DE PRODUCCIÓN MENSUAL DE TOYOTA

La Toyota Motor Company tiene un plan de producción anual que indica cuántos automóviles fabricar y vender en el presente año. También tiene un plan de producción mensual. Primero, se sugieren con dos meses de antelación los tipos y cantidades de vehículos y entonces se determina el plan detallado un mes antes del mes particular en

cuestión. Tal información sugerida y determinada también se comunica a las compañías subcontratadas al mismo tiempo. De este plan de producción mensual, el programa de producción diario es particularmente importante debido a que se incorpora en este programa el concepto de producción uniforme.

La producción uniforme se debe extender a dos áreas: la producción total promedio diaria de un producto por día y la cantidad promedio de cada variedad de producto dentro del gran total. Por ejemplo, en la fábrica de Toyota, existen muchas líneas de ensamble final, la línea Corona, la línea Crown, la línea Celica, etc. Supóngase por un momento que la línea Corona debe producir 20 000 unidades en un mes de 20 días de operación. Esto significa que se deben producir 1000 Coronas en un día. Esto es uniformidad de producción en términos de la cantidad diaria de producción, es decir, promediando la cantidad total a ser producida en un día.

Pero al mismo tiempo, la línea Corona debe promediarse en términos de las varias Coronas disponibles. La línea Corona ensambla alrededor de 3000 a 4000 clases de Coronas, las cuales se diferencian por las diferentes combinaciones de máquinas, transmisiones, aceleradores, número de puertas, colores externos e internos, neumáticos y varias opciones. Cada uno de estos tipos diferentes de Coronas también se deben promediar para la producción diaria.

Fuente: Yasuhiro Monden, Toyota Production System: Practical Approach to Production Management, Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineering, 1983, p. 57.

La programación maestra, como se ha descrito, tiene la ventaja de que se asemeja a la demanda del cliente sobre una base diaria. Esto minimiza el inventario de producto terminado dado que la salida de la producción equilibra en una forma muy cercana a la demanda. Como se verá, este tipo de programa maestro también ayuda a reducir los inventarios de producto en proceso y de materias primas. La estabilización del programa maestro es la clave para estabilizar todos los otros requerimientos de los procesos de producción y de los proveedores.

16.4

EL SISTEMA KANBAN

El Kanban, además de ser todo un sistema, es el método de autorización de producción y movimiento de material en el sistema JIT. Como se indicó anteriormente, Kanban, en lenguaje japonés, significa un marcador (tarjeta, símbolo, placa u otro dispositivo) utilizado para controlar la secuencia de trabajos a lo largo de un proceso secuencial. Asimismo, Kanban es un subsistema de JIT; los dos términos no son sinónimos como lo han indicado algunos autores.

El propósito del sistema Kanban es el de señalar la necesidad de más partes y asegurar que esas partes se produzcan a tiempo para respaldar la fabricación subsecuente o el ensamble. Esto se lleva a cabo jalando partes hasta la línea de ensamble final. Únicamente la línea de ensamble final recibe un programa de la oficina de despacho y este programa es casi el mismo día a día. Todos los otros operadores de máquinas y proveedores reciben órdenes de producción (tarjetas Kanban) de los subsecuentes centros de trabajo (usuarios). Si la producción se debe detener por un tiempo en los centros de trabajo de los usuarios, los centros de trabajo

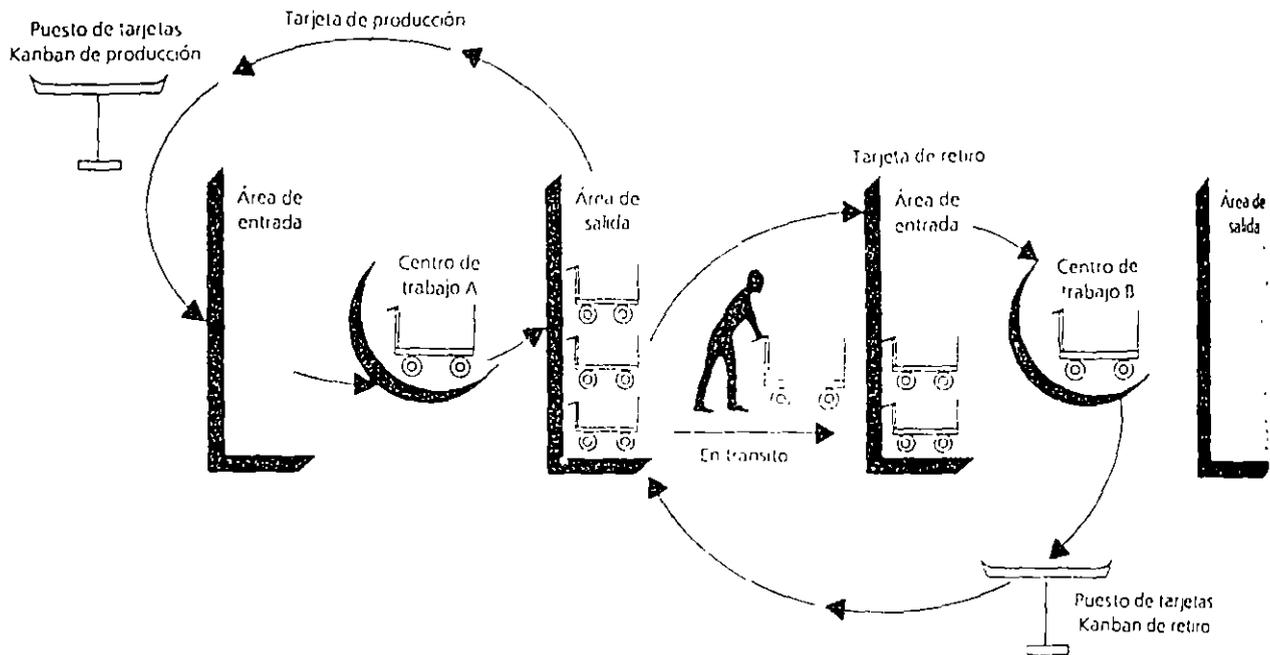


FIGURA 16 4 Sistema Kanban

de los proveedores también se detienen dado que no reciben órdenes Kanban por más material.

El sistema Kanban es un sistema de control físico que consiste en tarjetas y recipientes. Para propósitos de explicación, supóngase que se utilizan ocho recipientes entre los centros de trabajo A y B (A provee a B) y que a cada recipiente le caben exactamente 20 partes. El inventario máximo que puede existir entre estos dos centros de trabajo es entonces 160 unidades (8×20) dado que la producción en el centro de trabajo A se detendrá cuando todos los recipientes estén llenos.

En el curso normal de eventos, los ocho recipientes podrían distribuirse como se indica en la figura 16.4. Tres recipientes se localizan en el centro de trabajo A y a la salida se llenan con partes. Un recipiente está siendo llenado en este momento en el centro de trabajo A por la máquina. Un recipiente completo se mueve de A a B. Dos recipientes completos se sitúan en el área de entrada del centro de trabajo B y un recipiente se está utilizando en B. Estos ocho recipientes se requieren en virtud de que el centro de trabajo A también produce partes para otros centros de trabajo, las máquinas en A se pueden dañar y los tiempos de movimiento de A a B no son siempre exactamente predecibles.

Para controlar el movimiento de los recipientes, existen dos tipos principales de tarjetas Kanban, tarjetas de producción y tarjetas de retiro (movimiento).⁴ Estas tarjetas se utilizan para autorizar la producción y para identificar las partes en cualquier recipiente. Las tarjetas Kanban pueden hacerse de papel, metal o plástico, y generalmente incluyen la información que se presenta en la figura 16.5. Las tarjetas

⁴Existen varios tipos de tarjetas Kanban. Para información acerca de éstos, consultar Monden (Monden, 1981).

Kanban toman el lugar de los documentos de trabajo del taller que se utilizan en la manufactura repetitiva tradicional.

Aquí está cómo trabaja el sistema Kanban, suponiendo que los recipientes se mueven uno a la vez. Cuando se vacía un recipiente de partes en el centro de trabajo B, el recipiente vacío y las tarjetas de retiro relacionadas se llevan de regreso al centro de trabajo A. La tarjeta de producción de un recipiente lleno de partes se quita de su recipiente y se sustituye con la tarjeta de retiro. La tarjeta de producción es entonces colocada en el punto de recepción Kanban en el centro de trabajo A, autorizando de esta manera la producción de otro recipiente de partes. El recipiente vacío se deja en el centro de trabajo A.

El recipiente lleno de partes y su tarjeta de retiro se trasladan al centro de trabajo B y se colocan en el área de entrada. Cuando este recipiente de partes es eventualmente utilizado, su tarjeta de retiro y el recipiente vacío se llevan de regreso al centro de trabajo A, y el ciclo se repite.

El aspecto significativo acerca del sistema Kanban es que es perceptible por naturaleza. Todas las partes se colocan limpiamente en los recipientes de un tamaño fijo. Conforme se acumulan los recipientes vacíos, queda claro que el centro de trabajo productor se está quedando atrás. Por otro lado, cuando todos los recipientes están llenos, la producción se detiene. El tamaño del lote de producción es exactamente igual al de un recipiente de partes.

El número de recipientes requerido para operar un centro de trabajo es una función de la tasa de demanda, del tamaño del recipiente y del tiempo de circulación de un recipiente. Esto queda más claro si se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{DT}{C}$$

donde n = número total de recipientes Kanban

D = tasa de demanda del centro de trabajo del usuario

C = tamaño del recipiente en número de partes, generalmente menor que el 10 por ciento de la demanda diaria

Número de parte 41262
 Nombre de la parte Rueda

Capacidad de la caja	Tipo de caja	Movimiento núm
20	B	4 de 8

Proceso anterior
Estampado
 A12
 Proceso subsecuente
Rueda de hufo
 B6

Kanban de retiro

Número de parte 216032
 Nombre de la parte Arto de rueda
 Localización inventario para almacenar 1879-2
 Capacidad recipiente 20
 Proceso *Estampado*
 A12

Kanban de producción

T = tiempo que le toma a un recipiente completar una vuelta entera llenado, espera, movimiento, uso y regreso para ser llenado nuevamente. Esto también se llama tiempo de espera.

Supóngase que la demanda en el siguiente centro de trabajo es de 2 partes por minuto y un recipiente estándar puede contener 25 partes. También supóngase que le toma 100 minutos a un recipiente dar una vuelta completa desde el centro de trabajo A al centro de trabajo B y regresar nuevamente a A incluyendo todos los arreglos, recorridos, movimientos y tiempos de espera. La cantidad de recipientes requeridos en este caso es 8.

$$n = \frac{2 \times 100}{25} = 8$$

El inventario máximo es igual al tamaño del recipiente multiplicado por el número de recipientes = $8 \times 25 = 200$ unidades, dado que lo más que se puede tener son todos los recipientes llenos.

$$\text{Inventario máximo} = nC = DT$$

El inventario se puede disminuir reduciendo el tamaño de los recipientes o el número de recipientes utilizados. Esto se lleva a cabo reduciendo el tiempo requerido para una vuelta completa de un recipiente incluyendo los tiempos de disposición de máquina, los tiempos de recorrido, los tiempos de espera o los tiempos de movimiento. Cuando se ha reducido cualquiera de estos tiempos, entonces la administración puede eliminar tarjetas Kanban del sistema y del correspondiente número de recipientes. Es responsabilidad de los gerentes y trabajadores en un sistema JIT reducir el inventario mediante un ciclo constante de mejora. Reducir el tiempo de espera es la clave, como ya se subrayó en el capítulo 15.

Kanban enlaza todos los centros de trabajo en una instalación de producción y a los proveedores como se indica en la figura 16.6. Todo el material es conducido a lo largo por el programa de ensamble final, con base en un sistema altamente visible de control de proveedores y de piso del taller.

16.5

REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PREPARACIÓN Y DE LOS TAMAÑOS DEL LOTE

Reducir el tiempo de preparación es importante ya que incrementa la capacidad disponible, aumenta la flexibilidad para satisfacer los cambios de programa y reduce el inventario. Conforme el tiempo de preparación se aproxima a cero, se puede alcanzar el tamaño ideal de lote de una unidad.

En producción repetitiva convencional, todo se concentra en reducir los tiempos de acarreo por unidad y, más o menos, ignorar el tiempo de preparación. Cuando se anticipan grandes acarreos de miles de unidades, los tiempos de acarreo naturalmente son más importantes que los tiempos de preparación. Una solución mejor es concentrarse en reducir ambos tiempos de preparación y de acarreo. Esto requiere una atención adicional por parte de los ingenieros, gerentes y trabajadores para establecer el proceso en sí.

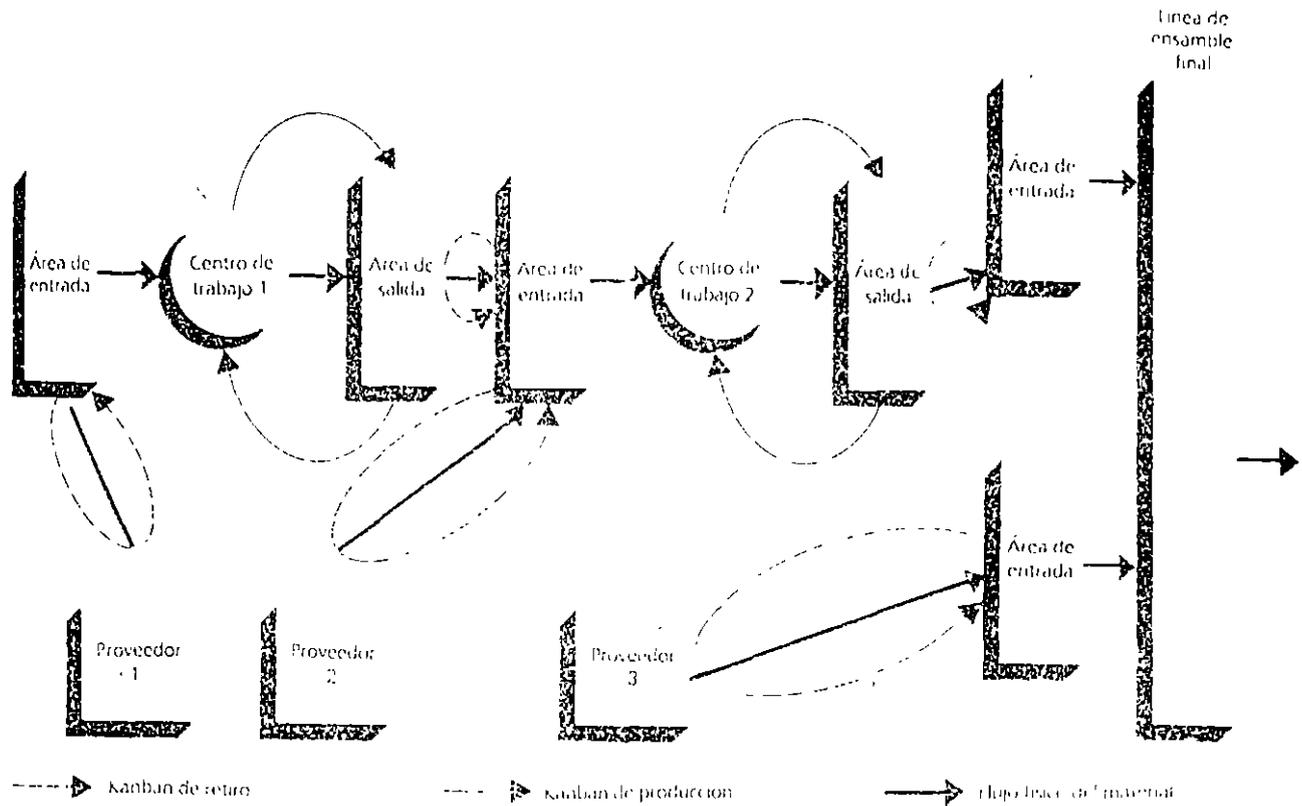


FIGURA 16.6 Sistema Kanban completo.

Fuente: Robert W. Hall, *Driving the Productivity Machine: Production Planning and Control in Japan*, American Production and Inventory Control Society, 1981

Dado que el tiempo de preparación ha recibido tan poca atención, las reducciones del fenómeno son posibles. Por ejemplo, en General Motors, el tiempo requerido para cambiar un dado en una gran prensa ponchadora se redujo de 6 horas a 18 minutos.⁵ Esto permitió reducciones dramáticas en inventario de \$1 millón a \$100 000, reducciones en los tiempos de espera y mejor estabilización de la capacidad.

En muchas compañías se buscan preparaciones individuales. Esto se refiere a un tiempo de preparación que tiene un solo dígito en minutos. Asimismo se persiguen las preparaciones de un toque, que se refiere a una preparación con menos de 1 minuto. Estos tiempos de preparación bajos se pueden lograr a través de dos pasos. Primero, se separan las preparaciones externas de las internas. El término "preparación interna" se refiere a acciones que requieren que la máquina se detenga, mientras que con las preparaciones externas esto se puede realizar con la máquina en operación. Después se separan las preparaciones externas e internas, tanto como se puedan convertir preparaciones internas a externas. Esto se lleva a cabo, por ejemplo, utilizando dos conjuntos de dados (uno dentro de la máquina y otro fuera de ella), teniendo rápidos ajustes de cambio, y utilizando herramientas y enses diseñados inteligentemente. Una vez que la máquina se detiene, puede entonces en

⁵APICS Conference Proceedings, Los Angeles, julio, 1983

forma rápida transformarse para el nuevo producto ya que la preparación interna se ha minimizado. Mucho se puede hacer una vez que el personal se ha dado cuenta de la importancia del cambio rápido. En algunas compañías los trabajadores incluso practican preparaciones con objeto de reducir el tiempo.

Mediante la reducción de los tiempos de preparación, de tamaños de lote y de tiempos de espera, es la máquina la que dirige el JIT. Estas reducciones hacen posible eliminar tarjetas Kanban y entonces disminuir el inventario sobre una base continua.

16.6

DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA Y DEL EQUIPO

La instalación de un sistema JIT tiene un efecto natural en la distribución de la planta y el equipo. La planta evoluciona hacia un flujo más continuo y una planta automatizada debido a que los tamaños de lote se reducen y los problemas constantemente se resuelven haciendo posible la automatización.

El efecto de JIT en la distribución de la planta se indica en la figura 16.7. En la parte *a* de la figura, se muestra una distribución inicial en la cual los proveedores entregan a un almacén y las partes se colocan en el mismo después de que ciertas etapas de producción se terminan. En la parte *b* de la figura, se ha utilizado un sistema JIT, y se han eliminado todos los almacenes. En este caso, todas las reservas se conservan en el piso del taller como parte del sistema JIT. La parte *c* de la figura demuestra que JIT ha evolucionado a una distribución de tecnología de grupo (GT). En este caso, se han redefinido los centros de trabajo de tal forma que las partes puedan fluir fácilmente de una estación de trabajo a la siguiente. La mayoría de los amortiguadores de inventario, junto a cada máquina, se han eliminado conforme las partes fluyen de una estación a la siguiente. Es una consecuencia natural de JIT evolucionar hacia GT y hacia los tipos de distribución de línea alimentadora. Es posible también mayor automatización conforme los tamaños de lote se aproximan a una unidad.

Con un sistema JIT, se requiere un mantenimiento supremo de equipo. Dado que los inventarios se han eliminado por completo, el equipo se debe conservar en buen estado. Los trabajadores tienen la responsabilidad de casi todo el mantenimiento de su equipo, lo cual les da mayor control sobre la producción. El tiempo de mantenimiento también se proporciona entre corrimientos para acciones de mantenimiento de rutina y preventivo.

16.7

EFECTO EN LOS TRABAJADORES

Uno de los puntos críticos para que un sistema JIT trabaje es que se requieren trabajadores que tengan múltiples funciones. En la mayoría de los casos, un trabajador debe ser capaz de operar varias máquinas en un grupo, ir de una a la siguiente para fabricar las partes requeridas. Dado que las partes no se manufacturan a no ser que sean necesarias, el trabajador debe ser capaz de apagar la máquina y cambiarse a otro trabajo donde se requieran las partes. El trabajador también debe ser capaz de ajustar sus máquinas, realizar el mantenimiento de rutina e inspeccionar las partes. Esto generalmente requiere de trabajadores que estén capacitados en varias habilidades diferentes.

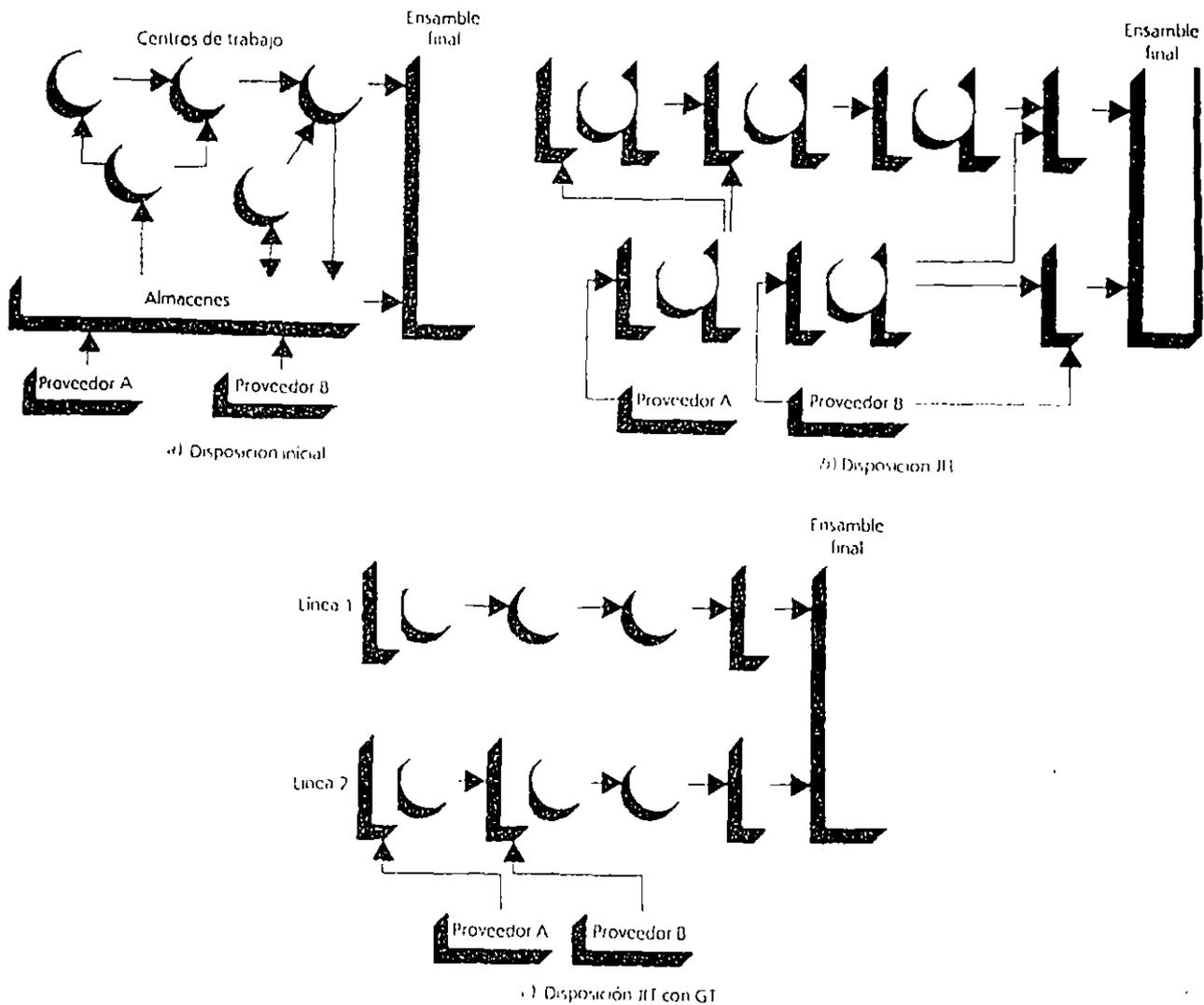


FIGURA 16.7 Efecto de la JIT sobre la disposición. Disposición de la JIT con GT

El movimiento hacia una fuerza de trabajo flexible requiere cambiar la forma en que a los trabajadores se les paga y recompensa. El pago con frecuencia se basa en un nivel de antigüedad y de habilidades de trabajo. Se requieren nuevos sistemas de paga que remuneren a los trabajadores con base en el número de trabajos diferentes que pueden realizar. Esto impulsa a los trabajadores a adquirir mayores habilidades y a hacerse más flexibles.

Puede ser difícil, pero no imposible, utilizar JIT en un ambiente sindical. Los sindicatos con frecuencia están organizados a lo largo de líneas de habilidad o artimañas y no tienden a estimular la flexibilidad en la fuerza de trabajo. Como resultado, la gerencia necesitará trabajar en forma muy cercana con los sindicatos para desarrollar la fuerza de trabajo necesaria para la JIT.

Se necesitan métodos para hacer que los trabajadores y los ingenieros se unan

íntimamente en las actividades de resolución de problemas. En los sistemas JIT, los círculos de calidad y sistemas de sugerencias se utilizan para este propósito. Se debe crear un medio ambiente de participación con objeto de lograr que todos los empleados contribuyan hacia la resolución de problemas en el piso del taller.

JIT no puede utilizarse sin que el total de los trabajadores entiendan y cooperen. La gerencia debe asegurarse que los trabajadores entiendan sus nuevos papeles y acepten el enfoque JIT a la producción. Se requieren tantos cambios, como ya se indicó con anterioridad, que JIT probablemente no tenga éxito sin el soporte activo y entusiasta de todos los gerentes y empleados. JIT no es sólo otro programa sino un enfoque totalmente nuevo de la manufactura.

16.8

PROVEEDORES

De la misma manera que se requiere que los empleados cambien, así también los proveedores de la compañía. Bajo el JIT, a los proveedores se les da el buen trato de centros de trabajo internos. Los proveedores reciben tarjetas Kanban y recipientes especiales, y se espera que realicen entregas frecuentes justo a tiempo para la siguiente etapa de producción. Se ve a los proveedores como el factor externo y como parte del grupo de producción.

Con un sistema JIT, se requieren hasta cuatro entregas diarias en el caso de que el proveedor se localice en la misma zona. Aquellos que se localizan a gran distancia pueden tener almacenes locales donde reciben embarques grandes y los separan para realizar entregas frecuentes al cliente. Esto **no es deseable**, sin embargo, dado que demasiado inventario se forma en la línea y el tiempo de reacción es muy largo, se prefieren los proveedores locales con tiempos de espera cortos.

A los proveedores se les dan tiempos de entrega específicos más que fechas de embarque. Por ejemplo, se le puede pedir a un proveedor que entregue partes a las 8 a.m., a medio día y a las 2 p.m. En cada entrega, el proveedor recoge los recipientes vacíos y las correspondientes tarjetas Kanban de retiro. Se llena únicamente ese número de recipientes para la siguiente entrega. Las entregas se realizan en forma directa a la línea de ensamble sin recepción o inspección. Esto requiere una absoluta confianza en la calidad del proveedor. También se reduce en gran medida el papeleo, el tiempo de espera, el inventario, el número de áreas de recepción y los espacios de almacenamiento requeridos.

En algunos casos, donde es demasiado costoso realizar varias entregas diarias, los proveedores pueden juntarse y realizar entregas combinadas. En este caso, por ejemplo, un proveedor puede acudir con dos o tres proveedores más y hacer la entrega de ellos junto con la suya a las 3 a.m. Otro proveedor hará lo propio en el acarreo de las 10 a.m., etc. Este método puede ahorrar gastos de transporte para entregas de lotes pequeños.

Con el sistema JIT existe la tendencia a utilizar proveedores únicos. Esto es con objeto de establecer una relación a largo plazo con el proveedor y asegurar así la calidad de las partes requeridas. Es necesario un cambio completo en la manera de pensar dado que en forma ordinaria se podría suponer que el proveedor único podría sacar ventaja en precio y sería necesario más de un proveedor para conservar

su honestidad. Los precios de los vendedores únicos, sin embargo, se pueden mantener en línea dado que los proveedores tienen un contrato a largo plazo y la estabilidad de los precios se negocia como parte del mismo. Esto requiere un tipo totalmente diferente de relación proveedor-cliente de la que se ha dado en el pasado.

Como un ejemplo, General Motors ha establecido un "programa de proveedor integrado" con objeto de cambiarse a sistema JIT.⁶ Las características de este programa son las siguientes:

1. *Selección anticipada del proveedor.* Los proveedores se seleccionan antes de que la parte a suministrar alcance el diseño final, de tal forma que este último se pueda discutir ampliamente con el proveedor.
2. *Suministro de familias de partes.* Un proveedor acepta la responsabilidad de suministrar una familia completa de partes, lo que le permite establecer planes de tecnología en grupo y volúmenes económicos.
3. *Relación a largo plazo.* Un contrato exclusivo durante la vida de la parte se otorga al proveedor a cambio de un programa de precio específico a lo largo de la misma. Algunas veces las reducciones o incrementos futuros de precio se especifican en el programa.
4. *Negociaciones de precio con base en análisis de costo.* Dado que el mercado no opera en forma usual, las negociaciones de precio se basan en costos.
5. *Reducción de papeleo en recepción e inspección.* Esto resulta en un ahorro directo para el cliente y el proveedor.

Cambiar las relaciones con el proveedor es uno de los aspectos más importantes de un sistema JIT.

16.9

COMPARACIÓN CON LOS SISTEMAS MRP

Existen muchas diferencias entre los sistemas JIT y MRP. Algunas de las más importantes son las siguientes:

El MRP utiliza una filosofía de planeación. Se pone énfasis en la creación de un plan válido de material y entonces se subordina todo de acuerdo a ese plan. En contraste, JIT subraya el hecho de eliminar desperdicios y de controlar el piso del taller. Esto se realiza reduciendo inventarios, exponiendo los problemas y conduciendo el material a lo largo de la planta. El MRP toma a la planta como se da; el JIT no.

Mientras que el MRP utiliza computadoras y procesamiento sofisticado de información, JIT utiliza un sistema de control simple que es visual. El MRP utiliza órdenes de taller, órdenes de compra, informes de excepción y una gran cantidad de papeleo para controlar el plan. JIT tiene tarjetas Kanban reutilizables, que sirven como órdenes de taller u órdenes de compra. JIT tiene un mínimo de papeleo y no requiere computadoras, no obstante que éstas se pueden utilizar en combinación con conceptos de JIT.

JIT requiere un programa maestro estable que es uniforme día a día y hora tras

⁶APICS Conferencia de Los Ángeles, julio 1983.

CUADRO 16.3

COMPARACIÓN DE SISTEMAS JIT Y MRP

	Filosofía JIT	Sistemas MRP
Inventario	Un pasivo. Se debe realizar cada esfuerzo para eliminarlo.	Un activo. Protege contra errores de pronóstico. Es necesaria cierta reserva de seguridad para cubrir incertidumbres.
Tamaños de lote	Únicamente necesidades inmediatas. Es deseable una cantidad mínima de reposición para ambas partes, fabricadas y compradas.	Necesarios para la programación. Selecciona un tamaño de lote para balancear los costos de preparación contra los costos de inventario como un principio general. El tamaño del lote no debe ser demasiado grande ni demasiado pequeño.
Preparaciones	Hacerlas insignificantes. Esto requiere que cada cambio extremadamente rápido minimice el impacto sobre la producción o la disponibilidad de máquinas extra ya preparadas. El cambio rápido permite tamaños de lote pequeños para ser prácticos y permitir que se fabrique frecuentemente una amplia variedad de partes.	Baja prioridad. La salida máxima es el objetivo usual. Raramente hace una consideración similar y el esfuerzo se dirige a lograr un cambio rápido.
Filas	Eliminarlas. Cuando suceden los problemas, identificar su causa y corregirlos. El proceso de corrección se lleva a cabo cuando las filas son pequeñas. Si las filas son pequeñas, surge la necesidad de identificar y fijar la causa.	Inversión necesaria. Las filas permiten operaciones exitosas para continuar en el caso de un problema con la operación de surtido. También, mediante la proporción de una selección de tareas, la administración de la fábrica tiene una mayor oportunidad de equiparar las habilidades variadas del operador y las capacidades de la máquina, combina preparaciones y entonces contribuye a la eficiencia de la operación.
Proveedores	Cotrabajadores. Son parte del grupo. Se esperan diariamente entregas múltiples para todos los artículos activos. El proveedor toma cuidado de las necesidades del cliente y el cliente trata al proveedor como una extensión de su fábrica.	Adversarios. La regla son las fuentes múltiples, y es común ponerlos a luchar unos contra otros.
Calidad	Cero defectos. Si la calidad no es al 100 por ciento, la producción es riesgosa.	Tolera cierto desperdicio. Generalmente se descubre lo que ha sido el desperdicio real y se desarrollan fórmulas para predeterminarlo.
Mantenimiento de equipo	Constante y efectivo. Las descomposturas de la maquinaria deben ser mínimas.	Conforme se requiera. Pero no es crítico porque se tienen filas de productos disponibles.
Tiempos de espera	Mantenerlos cortos. Esto simplifica el trabajo de mercadotecnia, compras y manufactura conforme se reduce la necesidad de expeditación.	Entre más largo mejor. La mayoría de los supervisores y agentes de compras quieren más tiempo de espera, no menos.
Trabajadores	Administración por consenso. Los cambios no se realizan hasta que se alcanza el consenso. Se alcanza el ingrediente vital de la "propiedad".	La gerencia por ley. Se instalan los nuevos sistemas a pesar de los trabajadores, no gracias a los trabajadores. Entonces la concentración es sobre las mediciones para determinar si la están haciendo o no.

Fuente: Adaptado de Walter. E. Goddard, "Kanban Versus MRP II — Which is Best for You?" *Modern Materials Handling*, noviembre, 1982.

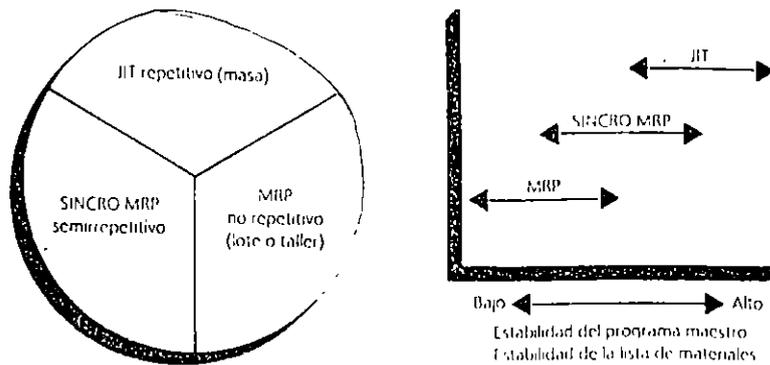


FIGURA 16.8 Usos del JIT y del MRP

Fuente: J. Nakane and Robert W. Hall, "Japanese Production System," en Lee y Schwendeman (ed.), *Management by Japanese Systems*, Nueva York: Praeger Publications, 1982

hora. El MRP permite un programa maestro altamente variable. Por supuesto, se puede utilizar un programa tipo JIT con un sistema MRP, pero entonces no es necesario todo el potencial de computadoras.

JIT busca alcanzar tiempos cortos de preparación para hacer económicos los lotes de tamaño pequeño. El MRP toma los tiempos de preparación como están. Con los sistemas MRP, o se ajustan los tamaños del lote por mandato o se le da consideración al equilibrio entre costos de preparación y de inventario. Se consideran aceptables los acarreos largos y tamaños de lote grandes en los enfoques tradicionales MRP.

Con JIT, los proveedores se consideran parte del grupo. Se estimulan las relaciones a largo plazo y se esperan entregas frecuentes. Con MRP, los proveedores con frecuencia se tratan como adversarios. Se ve con desagrado el proveerse en un solo lado, y los proveedores son incitados para enfrentarse unos contra otros por el mejor precio.

Con sistemas JIT, los trabajadores son responsables de producir partes de calidad justo a tiempo para respaldar el siguiente proceso. Los trabajadores participan en la resolución de problemas y se encargan de mejorar la productividad y la calidad. Con MRP, los trabajadores son una parte del sistema. Se controlan y se especializan para un solo trabajo. El papel de los trabajadores es seguir el plan.

Los sistemas MRP y JIT son diferentes en casi todos los aspectos. Goddard (1982) resumió estas diferencias en el cuadro 16.3.

A pesar de las diferencias, ambos sistemas MRP y JIT tienen sus áreas particulares de utilidad. En producción repetitiva, probablemente JIT da los mejores resultados, en la medida que se puedan alcanzar las condiciones ambientales requeridas por un sistema JIT (programa maestro estable, proveedores cooperativos, trabajadores con funciones múltiples, etc.). Los sistemas MRP dan los mejores resultados para el medio ambiente de taller o lotes pequeños, donde es natural la producción no repetitiva. En un medio ambiente semirrepetitivo, tal vez una combinación de sistemas JIT y MRP sea lo más efectivo. En este caso, MRP se utiliza para planear materiales por adelantado y JIT se utiliza para controlar el piso del taller. Este tipo de sistemas combinados MRP y JIT, llamados sincro MRP, se están utilizando en Yamaha Motor Co. [ver Hall (1981)]. La figura 16.8 resume el uso de JIT y MRP.

16.10 UTILIZACIÓN DE JIT

La primera y más exitosa aplicación de sistema JIT fue en la Toyota Motor Company en Japón. Tal como se mencionó, Kawasaki de Estados Unidos, en Nebraska, comenzó a utilizar JIT en 1980. Y se ha logrado su utilización en muchas otras compañías de este país, incluyendo Ford, General Electric, General Motors, Eaton, Motorola, Black & Decker, Briggs and Stratton, Hewlett-Packard, IBM, John Deere, Bendix, Mercury Marine, Omark, Rockwell, Westinghouse, Tennant, 3M y Honeywell.⁷

El efecto total de JIT es aún desconocido, pero algunos resultados preliminares están ya disponibles. En la industria del automóvil rotaciones de inventario de 50 a 100 son posibles en comparación con 10 a 20 de los enfoques tradicionales. [Sugimori *et al.* (1977)]. En la producción de motocicletas, JIT tiene rotaciones de inventario de alrededor de 20 en comparación con 3 a 5 en las compañías tradicionales [ver Pegels (1982)]. JIT también ha mejorado la calidad, reducido costos y mejorado la flexibilidad en estas mismas compañías.

La utilización de JIT, sin embargo, es una proposición difícil. Para facilitar su utilización, Hall (1982) ha sugerido los siguientes planteamientos:

1. Obtener el compromiso de la alta gerencia. Asegurarse de que saben qué cambios se requieren y proporcionen el liderazgo para adoptar el enfoque JIT. Preparar un plan de utilización.
2. Ganarse la cooperación de la fuerza de trabajo. Se necesita un liderazgo vigoroso en el piso del taller para realizar el trabajo JIT. Garantizar el empleo estable, comprometerse con capacitación y estimular la participación. Las actividades de mejora en grupos pequeños tales como círculos de calidad se deben utilizar para lograr que todos los empleados se involucren en la resolución de problemas. Comenzar la capacitación cruzada de la fuerza de trabajo.
3. Comenzar con la línea de ensamble final. Nivelar la producción para que sea casi idéntica cada día. Reducir los tiempos de preparación hasta que los modelos se puedan mezclar. Utilizar recipientes estándar para partes y hacerlos fácilmente accesibles a la línea de ensamble.
4. Trabajar hacia atrás desde la línea de ensamble final, reducir los tiempos de preparación y los tamaños de lote en áreas de fabricación para igualar los tamaños de lote requeridos en el ensamble final. Eliminar el inventario de los almacenes y ponerlo en el taller.
5. Balancear las tasas de fabricación con las tasas de fabricación del ensamble final. Esto puede requerir corrección de caídas ligeras de la capacidad. Proporcionar capacidad de reserva en todas las áreas. Si cualquier centro de trabajo se rezaga, será necesaria cierta capacidad de reserva con objeto de salir del atraso.
6. Extender el JIT a los proveedores. Primero, estabilizar sus programas de entrega y entonces solicitarles entregas frecuentes. Eliminar el inventario necesario para cubrir grandes periodos y variaciones. Ayudar a los proveedores con aseguramiento de la calidad para satisfacer sus especificaciones. Negociar contratos a largo plazo con los proveedores.

⁷APICS Conferencia de Los Angeles, julio 1983, y Schonberger (1986).

Parece ser que JIT está ganando popularidad conforme se prefiere el método para producción repetitiva. JIT tiene tal impacto que está siendo comparado con la línea de ensamble móvil de Ford y con el sistema Taylor como una gran innovación en la administración de la producción. Las suposiciones del sistema JIT son ciertamente opuestas a la mayoría de las suposiciones tradicionales acerca de la manufactura repetitiva. Tomará una gran cantidad de esfuerzo utilizar los sistemas JIT, pero no hay opción para la supervivencia económica en muchas industrias repetitivas.

16.11

PUNTOS CLAVE

Los sistemas JIT se describieron en este capítulo como un acercamiento principal a la manufactura repetitiva. Se vio cómo las partes deben producirse justo a tiempo no sólo en el caso de que se necesiten. Esto se lleva a cabo mediante un sistema visual simple de control de producción y dedicación hacia las reducciones constantes en inventarios.

Los puntos clave que se cubrieron en este capítulo son:

- El sistema JIT se basa en una filosofía de eliminar desperdicios y utilizar la capacidad completa de cada trabajador. Este sistema originalmente se desarrolló en Japón pero está ahora siendo utilizado en Estados Unidos.
- El objetivo de JIT es mejorar el rendimiento sobre la inversión. Esto se lleva a cabo incrementando los ingresos (mediante calidad, entregas y mejoras de flexibilidad), reduciendo costos y reduciendo el inventario requerido.
- Para utilizar JIT, el programa maestro se debe estabilizar y nivelar. Esto requiere una producción diaria constante, dentro del marco de tiempo del programa maestro y el ensamble modelo mezclado. Como resultado, la demanda de los centros de trabajo anteriores es casi constante.
- El sistema Kanban se utiliza para conducir las partes por todo el camino para satisfacer el programa maestro de ensamble. Se proporciona un número fijo de recipientes para cada parte requerida. Cuando estos recipientes están llenos, no se producen más partes, limitando entonces el inventario de cada parte. Se estimulan las actividades de mejora constante por parte de los trabajadores y la gerencia para reducir el número de recipientes, tamaño de los mismos e inventario.
- Reducir los tamaños de lote y los tiempos de espera son la clave para disminuir los inventarios en un sistema JIT. El objetivo es un tamaño de lote de una unidad. Esto se realiza a través de actividades de mejora de grupos pequeños y esfuerzos de la administración y la mano de obra cooperativa.
- JIT afecta las instalaciones de la planta ya que requiere mucho menos espacio y estimula el movimiento hacia planes de tecnología de grupo (GT).
- JIT requiere trabajadores que sean capaces de desarrollar múltiples funciones para que puedan operar varias máquinas y llevar a cabo ajustes, mantenimiento y actividades de inspección. El movimiento hacia una fuerza de trabajo flexible requerirá de cambiar la forma en que los trabajadores son seleccionados, capacitados, evaluados y recompensados.
- Se deben establecer nuevas relaciones con los proveedores para llevar a cabo el trabajo de JIT. Se requieren entregas constantes y calidad confiable. Con frecuencia, se negocian con los proveedores contratos de una sola fuente a largo plazo.

- Los sistemas JIT son mejor adaptados a manufactura repetitiva. El MRP se adapta mejor a trabajo de taller o producción en lotes y los sistemas mezclados MRP-JIT son mejores para manufactura semirrepetitiva.
- La utilización de sistemas JIT requiere una progresión por etapas de actividades. La alta gerencia debe proporcionar liderazgo y soporte. El programa del ensamble final se debe nivelar para continuar con la nivelación de procesos de fabricación y programas de proveedores. Los tamaños de lote y los tiempos de espera se deben reducir en todas las etapas de la producción. Es necesaria la educación intensiva de los trabajadores y la gerencia en todos los niveles.

PREGUNTAS

3. Suponga que un centro de trabajo tiene un tiempo de preparación más acarreo de 30 minutos para fabricar 50 partes. También suponga que se requieren 10 minutos para mover un recipiente estándar de 50 partes al siguiente centro de trabajo y que la tasa de demanda es de una parte por minuto a lo largo del día.
 - a) Programe esta situación indicando cuándo el centro de trabajo A debe estar produciendo y cuándo debe estar ocioso, y también cuándo toman lugar los movimientos de los recipientes de A a B, es decir, hacia el centro de trabajo del usuario.
 - b) ¿Cuántos recipientes estándar se necesitan para que esta parte circule según su respuesta en la parte a.
 - c) Utilice la fórmula $n = \frac{DT}{C}$ para calcular el número de recipientes.
4. Para una operación en particular, el tiempo de preparación es de 10 minutos a un costo de \$15 en tiempo perdido de máquina y de mano de obra. El tiempo de acarreo es de 50 minutos para producir un lote estándar de 400 partes. Suponga un costo de conservación de \$2 por parte por mes y una tasa de demanda de 20 000 partes mensuales. Toma 3 horas circular un recipiente de partes.
 - a) Calcule el EOQ para esta parte.
 - b) ¿Cuántos recipientes estándar se necesitan?
 - c) Si el tiempo de preparación se puede cortar a un minuto, calcule nuevamente el tamaño del lote y el número de recipientes necesarios.
5. Una compañía está en el negocio de la fabricación de partes que luego pasarán a través de varios centros de trabajo. Suponga que el centro de trabajo A provee al centro de trabajo B de partes. Los siguientes tiempos (en minutos) se dan para cada centro de trabajo.

	Centro de trabajo	
	A	B
Tiempo de preparación	3	2
Tiempo de acarreo (por cada parte)	0.5	0.1
Tiempo de movimiento	6	8

Un recipiente Kanban estándar contiene 50 partes que se transfieren del centro de trabajo A al centro de trabajo B. La tasa de demanda del centro de trabajo B es de 4 partes por minuto.

- a) ¿Cuántos recipientes Kanban se necesitan en esta situación?
 - b) Si el tiempo de movimiento se acorta a la mitad, ¿qué le hace esto al número de recipientes necesarios? ¿En cuánto reducirá este cambio el inventario?
6. Una máquina actualmente tiene un tiempo de preparación de 2 horas y un costo de \$10 por hora en tiempo de pérdida de mano de obra y de maquinaria. Cuesta 25 por ciento llevar las partes en inventario durante un año y la máquina produce 100 partes por hora. Suponga que la planta opera 2000 horas al año y que el tiempo de circulación de cada recipiente Kanban es de 24 horas. Cada parte cuesta \$50 fabricarla. La tasa de demanda de la parte es de 100 000 unidades al año.
 - a) ¿Cuál es el EOQ para esta parte?
 - b) ¿Cuántos recipientes Kanban se necesitan, utilizando el tamaño de lote calculado en la parte a?
 - c) ¿Cuál sería el efecto de reducir el tiempo de preparación en este caso a 10 minutos? Calcule nuevamente el EOQ y el número de recipientes Kanban necesarios.
 7. Suponga que un centro de trabajo JIT está siendo operado con un tamaño de lote de 50 unidades. Suponga que se están demandando 200 partes por hora y que toma 3 horas

hacer circular un recipiente incluyendo todos los tiempos de preparación, acarreos, movimiento y ociosos.

- a) Calcule el número de recipientes Kanban necesarios
- b) ¿Cuál es el inventario máximo que se acumulará?
- c) ¿Qué se puede hacer para reducir el nivel de inventario? Sugiera alternativas.

Problemas de asignación: Asignación y distribución de recursos

INTRODUCCION

Los problemas de asignación implican la asignación de recursos a trabajos que deben ejecutarse. Se presentan, cuando los recursos disponibles no son suficientes para permitir que cada trabajo se efectúe de la manera más eficiente. Por tanto, el objetivo es asignar los recursos a los trabajos de manera que se minimice el costo total o se maximice el rendimiento total.

La mayoría de los problemas de asignación pueden representarse mediante una matriz como la que aparece en la tabla 5.1. Los valores en las casillas, c_{ij} , representan el costo o el rendimiento que resulta de asignar una unidad del recurso R_i al trabajo J_j . Las c_{ij} pueden ser *independien-*

TABLA 5.1 Problemas de asignación típica

Recursos	Lo que debe hacerse						Cantidad de recursos disponibles
	J_1	J_2	...	J_j	...	J_n	
R_1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1j}	...	c_{1n}	b_1
R_2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2j}	...	c_{2n}	b_2
.
.
R_i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{ij}	...	c_{in}	b_i
.
.
R_m	c_{m1}	c_{m2}	...	c_{mj}	...	c_{mn}	b_m
Cantidad de recursos requeridos							
	a_1	a_2	...	a_j	...	a_n	

tes o *interdependientes*. Por ejemplo, el costo de asignar un camión a una ruta de entrega particular, no depende del modo en que los otros camiones se asignen a las otras rutas. Por otra parte, en el presupuesto de cierta empresa, la recuperación al erogar cierta cantidad de dinero en una función del negocio (por ejemplo, producción), generalmente depende de lo que se gaste en otras funciones (por ejemplo, mercadeo). Casi toda la teoría de la asignación se refiere a problemas que implican costos independientes o pagos. Los problemas de asignación independientes no son los más importantes, pero sí considerablemente más sencillos de modelar y resolver.

Si el costo (o recuperación) de asignar una cantidad x_{ij} del recurso i al trabajo j es igual a $x_{ij}c_{ij}$, entonces tenemos un problema de asignación lineal. Los problemas de asignación con funciones lineales de costo (o recuperación) independientes se han estudiado más a fondo debido a la disponibilidad de procedimientos iterativos poderosos para resolverlos: las técnicas de *programación lineal*. Sin embargo, también se dispone de técnicas para resolver algunos problemas de asignación no lineal, incluyendo aquellos que implican aproximaciones lineales.

La asignación de recursos que se hizo en determinado período puede o no afectar las asignaciones que deben hacerse en períodos subsecuentes. Si cada asignación de una secuencia de asignaciones es independiente de las demás, se dice que el problema es *estático*; de otra manera, se denomina *dinámico*. Se ha dedicado mayor atención a los problemas estáticos que a los dinámicos; sin embargo, técnicas como la programación lineal dinámica y la programación dinámica, pueden aplicarse a ciertos tipos de problemas de asignación dinámica. *La programación estocástica* es aplicable a algunos dinámicos en los que las decisiones naturales se basan en estimaciones de los probables valores futuros de parámetros (por ejemplo, costos unitarios, precio de venta, demandas, etc.), que tengan distribuciones de probabilidad invariables.

Las principales técnicas disponibles para la solución de problemas de asignación —en particular la programación lineal— suponen que las cantidades de recursos disponibles (b_i), las cantidades requeridas (a_j), y los costos (c_{ij}) se conocen sin error. Este no siempre es el caso. De aquí que unas veces se desea determinar qué tan sensible es la solución de un problema de asignación a los errores posibles de estos coeficientes. *La programación lineal paramétrica* proporciona esos *análisis de sensibilidad*, pero por ahora esta técnica sólo puede aplicarse a un número muy limitado de casos.

Si la suma de los recursos disponibles $\sum_{i=1}^m b_i$ es igual a la de los requeridos, $\sum_{j=1}^n a_j$, tenemos entonces un problema *balanceado* de asignación. Sin embargo, si

$$\sum_{j=1}^n a_j \neq \sum_{i=1}^m b_i,$$

tenemos entonces un problema *desbalanceado* que requiere no sólo la asignación de recursos a trabajos, sino también determinar qué trabajos no se deben hacer (si $\sum_{i=1}^m b_i < \sum_{j=1}^n a_j$), o bien qué recursos no deben utilizarse (si $\sum_{i=1}^m b_i > \sum_{j=1}^n a_j$). Por ejemplo, cuando disminuye la demanda de un producto, puede ser necesario determinar qué máquinas, líneas de producción, o aun plantas, deben pararse. Con una demanda excesiva, puede ser necesario determinar qué órdenes no atender, o el tipo de una nueva planta por adquirir y qué características debe tener (por ejemplo: tamaño y localización). Nosotros consideramos tanto los problemas de asignación balanceados como los desbalanceados.

La última diferencia que debe hacerse entre los problemas de asignación implica su estructura matemática. Si las cantidades de recursos disponibles y requeridos por cada trabajo son todas igual a uno, es decir, si $a_j = b_i = 1$ para toda i y j (y, además, todas las asignaciones son $x_{ij} = 1$ ó 0), tenemos entonces un problema de asignación propiamente dicho. En un problema así, cada trabajo requiere uno y sólo un recurso, y cada recurso puede utilizarse para uno y sólo un trabajo. Los recursos no son divisibles entre los trabajos, ni los trabajos divisibles entre los recursos.

Si los recursos pueden dividirse, entonces algunos trabajos pueden hacerse con una combinación de recursos; si tanto los trabajos como los recursos se han expresado en unidades de la misma escala, tenemos entonces lo que generalmente se ha denominado como *problema de transporte*, pero que puede denominarse mejor como *problema de distribución*. Si los trabajos y los recursos no están expresados en las mismas unidades tenemos el *problema general de asignación*.

Un problema de asignación puede consistir en asignar hombres a oficinas o trabajos, camiones a rutas de entrega, conductores a camiones, clases a salones, o problemas a grupos de investigación. Un problema típico de transporte es aquél que implica la distribución de carros de carga vacíos a lugares que los requieren, o la asignación de órdenes que deben girarse a almacenes o fábricas. El problema general de asignación puede consistir en determinar qué máquinas deben emplearse para elaborar productos que requieren el uso de conjuntos alternativos de máquinas, o qué conjunto de productos posibles debe manufacturarse en una planta durante un período particular —el problema de la mezcla de productos.

En su oportunidad, consideraremos cada uno de estos tipos de problemas.

EL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Considérese el problema que enfrenta el departamento de transporte de una compañía que tiene tres plantas y cuatro almacenes regionales. Cada mes se dispone de una lista de los requerimientos de cada almacén y se

conocen también las capacidades de producción de las plantas. Además, se conoce el costo de embarque de cada planta a cada almacén. El problema es determinar qué plantas deben abastecer a qué almacenes de manera que se minimicen los costos totales de transporte. Debe notarse que este criterio de optimalidad es apropiado solamente cuando la capacidad total de las plantas es suficiente, en forma precisa, para satisfacer los requerimientos totales, es decir, cuando el problema está balanceado. Si la capacidad es insuficiente es necesario considerar, además de los costos de transporte, los costos de déficit en cada almacén. Si tenemos una capacidad excedida, es necesario considerar los costos de producción en cada planta. De otra manera, podemos estar haciendo trabajar a plena capacidad una planta de alto costo, cuando los ahorros de producción en otra parte podrán más que balancear los altos cargos de transportación. Otra consideración práctica es la posibilidad de aumentar la capacidad en las plantas próximas a los mercados, utilizando tiempo extra. Esto puede dar como resultado costos de producción más altos, los cuales se balancean con los bajos cargos de transporte. Posteriormente veremos que estas complicaciones pueden manejarse dentro del mismo modelo básico. Por tanto, empezaremos con el caso más sencillo.

TABLA 5.2 *Problema de transporte*

Plantas	Almacenes				Cantidad disponible
	1	2	3	4	
1	19	30	50	10	7
2	70	30	40	60	9
3	40	8	70	20	18
Cantidad requerida	5	8	7	14	34

Consideremos que los costos de transporte entre dos ciudades cualquiera, son proporcionales a las cantidades embarcadas. Normalmente, esto está muy cerca de la verdad, previendo que los embarques no sean demasiado pequeños. Por ejemplo, si vamos a embarcar por ferrocarril, los embarques deben ser en cantidades que sean múltiplos de carros completos. Los cargos por tonelada para cantidades de menos de un carro serán bastante distintos.

Supóngase que las capacidades de las plantas, los requerimientos de los almacenes y los costos unitarios de transporte son los que se muestran en la tabla 5.2.

Determinación de una solución inicial factible

El primer paso en la solución de un problema así, es encontrar una asignación que sea factible; posteriormente haremos mejoras sucesivas hasta que ya no se puedan reducir los costos. Claramente, si empezamos con una buena asignación, tendremos que hacer menos mejoras. Antes que discutamos un procedimiento para encontrar una buena asignación inicial, describiremos una técnica simple que siempre da una solución posible (por ejemplo: una que satisfaga los requerimientos utilizando solamente los recursos disponibles), aun cuando pueda ser caro.

Hagamos que x_{ij} represente la cantidad embarcada desde la planta i al almacén j , y que el costo unitario de dicho embarque sea c_{ij} . Los pasos se muestran en la tabla 5.3. Comenzamos: con la casilla 1,1 y encontramos

TABLA 5.3 *Solución inicial factible al problema de la tabla 5.2.*

Plantas	Almacenes				Cantidad disponible
	1	2	3	4	
1	5(19)	2(20)			7
2		6(30)	3(40)		9
3			4(70)	14(20)	18
Cantidad requerida	5	8	7	14	34

que la mayor entrada posible (x_{11}) es 5 porque es todo lo que el almacén 1 requiere. Hacemos esta asignación y procedemos con la casilla 1,2, porque no se requiere ninguna otra asignación en la columna 1. Lo más que podemos asignar en esta casilla es 2, porque es todo lo que queda de la capacidad de la planta 1 después que se hizo $x_{11} = 5$. Por tanto, hacemos $x_{12} = 2$. Ahora vamos a la casilla 2,2 porque el almacén 2 aún requiere 6 unidades. Asignamos este número en 2,2; por tanto, hacemos $x_{22} = 6$. Ya hemos atendido al almacén 2, y procedemos a la casilla 2,3. Lo más que podemos asignar aquí son las 3 unidades que nos quedaron en la planta 2; de aquí hacemos $x_{23} = 3$. Debido a que el almacén 3 aún requiere 4 unidades, vamos a la casilla 3,3 y encontramos que podemos asignar las 4 unidades requeridas; hacemos $x_{33} = 4$. Procedemos ahora a la casilla 3,4 y hacemos $x_{34} = 14$. El costo de la solución que se muestra en la tabla 5.3 es

$$5(19) + 2(30) + 6(30) + 3(40) + 4(70) + 14(20) = 1015.$$

TABLA 5.4 *Solución inicial factible mejorada*

Plantas	Almacenes				Cantidad disponible
	1	2	3	4	
1				7(10)	7
2	2(70)		7(40)		9
3	3(40)	8(8)		7(20)	18
Cantidad requerida	5	8	7	14	34

Obviamente podemos obtener una mejor solución inicial factible utilizando el sentido común de la manera siguiente (tabla 5.4). La entrada de menor costo en la tabla 5.2 está en la casilla 3, 2; por tanto, empezamos este punto y asignamos lo más posible, haciendo $x_{32} = 8$. El siguiente

TABLA 5.5 *Multas asociadas con las segundas mejores asignaciones*

Plantas	Almacenes				Disponibles	Multas
	1	2	3	4		
1	19	30	50	10	7	9
2	70	30	40	60	19	10
3	40	8	70	20	18	12
Multas requeridas	5	8	7	14		
	21	22	10	10		

costo más bajo (10) está en 1, 4 en donde otra vez asignamos tanto como podemos, haciendo $x_{14} = 7$. La siguiente entrada más baja (19) está en la casilla 1, 1. Aquí no podemos hacer ninguna asignación porque la capacidad de la planta 1 se agotó en 1, 4. Procedemos a la casilla 3, 4 en donde lo más que podemos asignar es $x_{34} = 7$. Ahora hay dos casillas con entradas de 30: 1, 2 y 2, 2, pero el almacén 2 ha recibido todo lo que requiere; por tanto, procedemos hacia la casilla 2, 3 y hacemos $x_{23} = 7$. Continuando este proceso obtenemos los resultados que se muestran en la tabla 5.4. El costo total de la solución mencionada es

$$2(70) + 3(40) + 8(8) + 7(40) + 7(10) + 7(20) = 814.$$

Esto es, una reducción de 201 unidades en el costo comparado con el de la solución que aparece en la tabla 5.3. Sin embargo, podemos avanzar otro poco. En el último procedimiento intentamos utilizar el menor costo,

TABLA 5.6 *Matriz de multas con la primera reducción*

Plantas	Almacenes			Disponible	Multas
	1	3	4		
1	19	50	10	7	9
2	70	40	60	9	20
3	40	70	20	10	20
Multas requeridas	5	7	14		
	21	10	10		

pero no siempre pudimos hacerlo. Consideremos que no pudiéramos hacer una asignación a la casilla 1, 1, que tiene el segundo costo más bajo en la matriz. Es evidente que debemos hacer una asignación por lo menos en una casilla de cada renglón y en una por lo menos de cada columna. Por tanto, en el procedimiento siguiente examinaremos las multas asociadas con la no utilización del menor costo en cada renglón y columna. Las multas son las diferencias entre el menor costo en un renglón o columna y el segundo costo menor. Estas se muestran en la tabla 5.5.

Empezamos con la casilla que tenga la mayor multa, que es la 3, 2 con un valor de 22, y asignamos lo más posible haciendo $x_{32} = 8$. En estas condiciones podemos eliminar la columna 2, lo cual da lugar a una reconsideración de las nuevas multas y a la corrección de la cantidad disponible en la planta 3. Los resultados se muestran en la tabla 5.6.

La mayor multa (21) está asociada ahora con la casilla 1, 1; por tanto asignamos aquí lo más posible, haciendo $x_{11} = 5$. Esto elimina la columna 1

TABLA 5.7 *Matriz de multas con la segunda reducción*

Plantas	Almacenes		Disponible	Multas
	3	4		
1	50	10	2	40
2	40	60	9	20
3	70	20	10	50
Multas requeridas	7	14		
	10	10		

TABLA 5.8 *Matriz de multas con la tercera reducción*

Plantas	Almacenes		Disponible	Multas
	3	4		
1	50	10	2	40
2	40	60	9	20
Multas requeridas	7	4		
	10	50		

y ahora necesitamos volver a calcular las multas de renglón y la cantidad disponible de la planta 1, de la manera como se muestra en la tabla 5.7.

La mayor multa (50) ahora está asociada con 3, 4; por tanto, hacemos $x_{34} = 10$ y reducimos y ajustamos la matriz en la forma que se ve en la tabla 5.8.

La siguiente multa mayor (50 está asociada con 1, 4; por tanto, hacemos $x_{14} = 2$. Esto nos deja con solamente la planta 2 con 9 unidades disponibles

TABLA 5.9 *Una solución inicial factible con mayor mejora*

Plantas	Almacenes				Disponible
	1	2	3	4	
1	5(19)			2(10)	7
2			7(40)	2(60)	9
3		8(8)		10(20)	18
Requerido	5	8	7	14	

y los almacenes 3 y 4 que requieren 7 y 2 unidades, respectivamente. Por tanto, hacemos $x_{23} = 7$ y $x_{24} = 2$. La asignación inicial posible que resulta se ve en la tabla 5.9 e implica un costo de

$$5(19) + 8(8) + 7(40) + 2(10) + 2(60) + 10(20) = 770,$$

que es menor en 35 unidades al costo de la solución inicial factible anterior.

Determinación de una solución óptima

Aun cuando la solución que se muestra en la tabla 5.9 no es la mejor posible, el procedimiento con el que se obtuvo produce, a veces, una solu-

TABLA 5.10 *Solución inicial factible al problema de la tabla 5.2*

Plantas	Almacenes				Disponible
	1	2	3	4	
1	(19)	(30)	(50)	7(10)	7
2	2(70)	(30)	7(40)	(60)	9
3	3(40)	8(8)	(70)	7(20)	18
Requerido	5	8	7	14	

ción óptima. Para determinar si una solución posible minimiza los costos, debemos conocer cómo pueden afectarse éstos si asignásemos una unidad utilizando un par origen-destino por ejemplo (planta-almacén) que no se ha utilizado en la primera solución. Para ver cómo puede hacerse, empezamos con la solución de la tabla 5.4. Esta solución y los datos pertinentes aparecen en la tabla 5.10.

Supóngase que deseamos embarcar una unidad de la planta 1 al almacén 1. Por tanto, tenemos que restar una unidad de 1, 4 para mantener el total del renglón igual, es decir hacemos $x_{14} = 6$. La unidad eliminada de 1, 4 tendrá que moverse a otra casilla en la solución: a 3, 4, haciendo $x_{34} = 8$. Ahora debemos quitar una unidad del renglón 3 y, si es posible, ponerla en 1, 1, haciendo $x_{31} = 2$. El cambio neto en el costo, que representamos por d_{11} , es igual a

$$d_{11} = c_{11} - c_{14} + c_{34} - c_{31} = 19 - 10 + 20 - 40 = -11.$$

Denominamos $d_{11} = -11$ a la evaluación de la casilla 1, 1. Esta evaluación nos muestra que podemos ahorrar 11 unidades de costo por cada unidad

TABLA 5.11 *Solución mejorada*

Plantas	Almacenes				Disponible
	1	2	3	4	
1	3(19)	(30)	(50)	4(10)	7
2	2(70)	(30)	7(40)	(60)	
3	(40)	8(8)	(70)	10(20)	
Requerido	5	8	7	14	

que asignamos a 1, 1. Pero antes de que hagamos esa asignación, debemos evaluar cada una de las casillas vacías. Las evaluaciones son como sigue:

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= c_{12} - c_{14} + c_{34} - c_{32} = 32 \\
 d_{13} &= c_{13} - c_{14} + c_{34} - c_{31} + c_{21} - c_{23} = 50 \\
 d_{22} &= c_{22} - c_{21} + c_{31} - c_{32} = -8 \\
 d_{24} &= c_{24} - c_{21} + c_{31} - c_{34} = 10 \\
 d_{33} &= c_{33} - c_{31} + c_{21} - c_{23} = 60.
 \end{aligned}$$

A partir de estos resultados es evidente que podemos mejorar al reasignar hacia 1, 1 ó 2, 2, pero lo que nos ayudaría más sería el uso de 1, 1. El mayor número de unidades que podemos mover a 1, 1 es 3 desde 3, 1. Para hacerlo debemos mover 3 unidades de 1, 4 a 3, 4. Los resultados, de hacerlo así, se muestran en la tabla 5.11. El ahorro neto obtenido es $3(11) = 33$.

Ahora debemos de reevaluar cada una de las casillas vacías. Los resultados son como siguen:

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= c_{12} - c_{14} + c_{31} - c_{32} = 32 \\
 d_{13} &= c_{13} - c_{11} + c_{21} - c_{23} = 61 \\
 d_{22} &= c_{22} - c_{21} + c_{11} - c_{14} + c_{34} - c_{32} = -19 \\
 d_{24} &= c_{24} - c_{21} + c_{11} - c_{14} = -1 \\
 d_{31} &= c_{31} - c_{34} + c_{14} - c_{11} = 11 \\
 d_{33} &= c_{33} - c_{34} + c_{14} - c_{11} + c_{21} - c_{23} = 71.
 \end{aligned}$$

Dado que aún es posible economizar en 2, 2 y 2, 4, tomamos el mayor y reasignamos. Lo más que podemos mover a 2, 2 está determinado por lo que podemos sacar del renglón 2 hacia una casilla de solución, que es 2 de 2, 1. El resultado de hacerlo se muestra en la tabla 5.12. El ahorro neto es $2(19) = 38$.

TABLA 5.12 *Solución óptima al problema de la tabla 5.2*

Plantas	Almacenes				Disponible
	1	2	3	4	
1	5(19)	(30)	(50)	2(10)	
2	(70)	2(30)	7(40)	(60)	9
3	(40)	6(8)	(70)	12(20)	18
Requerido	5	8	7	14	

Una vez más debemos reevaluar las casillas vacías. Los resultados son como sigue:

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= c_{12} - c_{14} + c_{34} - c_{32} = 21 \\
 d_{13} &= c_{13} - c_{14} + c_{34} - c_{32} + c_{22} - c_{23} = 50 \\
 d_{21} &= c_{21} - c_{22} + c_{32} - c_{34} + c_{11} - c_{11} = 11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{24} &= c_{21} - c_{22} + c_{32} - c_{34} = 18 \\
 d_{31} &= c_{31} - c_{31} + c_{14} - c_{11} = 11 \\
 d_{33} &= c_{33} - c_{32} + c_{22} - c_{23} = 52.
 \end{aligned}$$

Puesto que ya no es posible obtener mejoras adicionales (debido a la ausencia de cualquier reducción neta posible de costos), la solución que se muestra en la tabla 5.12 es óptima. Su costo es

$$5(19) + 2(30) + 6(8) + 7(40) + 2(10) + 12(20) = 743,$$

lo cual significa un mejoramiento de 36 unidades sobre la mejor solución inicial que obtuvimos previamente (tabla 5.9).

Si en la etapa óptima algunas de las evaluaciones de las casillas son iguales a cero, consideramos que existen soluciones óptimas alternativas. Las reasignaciones en dichas casillas las producirán:

Procedimiento alternativo para evaluar casillas El cálculo de todos los valores por el procedimiento descrito puede ser tan difícil como tedioso en problemas grandes, debido a que los costos que van a adicionarse o substraerse no siempre son evidentes. Existe un procedimiento alternativo que a veces es más rápido y más sencillo. Antes de intentar demostrar más rigurosamente la base matemática de procedimiento, utilizaremos como ejemplo un argumento intuitivo.

TABLA 5.13

	1	2	Disponible
1	1(10)	1(20)	2
2	(50)	1(40)	1
Requerido	1	2	

Considérese la transportación “miniatura” y su solución mostrada en la tabla 5.13. La evaluación de la casilla 2.1 es

$$d_{21} = c_{21} - c_{22} + c_{12} - c_{11} = 50 - 40 + 20 - 10 = 20.$$

Si pudiéramos reducir los coeficientes c_{22} , c_{12} y c_{11} que aparecen en la solución de manera que fuesen igual a cero, aunque tengamos que ajustar c_{21} en el proceso, la evaluación se simplificaría considerablemente. Supóngase que procedemos de la manera siguiente. Para reducir $c_{11} = 10$ a 0, restamos 10 de los coeficientes en la columna 1:

	1	2	
1	0	20	
2	40	40	
	Restado 10		

Para reducir el 20 del 1, 2 a cero, restamos 20 de la columna 2:

	1	2	
1	0	0	
2	40	20	
	Restado	10	20

Finalmente, para reducir el 20 de 2, 2, restamos 20 del renglón 2:

			Restado
	0	0	0
	20	0	20
	Restado	10	20

Nótese que el nuevo valor en 2.1 es igual a d_{21} . Además, para obtener el coeficiente original en cualquier casilla, solamente necesitamos adicionar la cantidad restada de su columna y renglón a la cantidad en cualquier casilla.

Utilicemos ahora el procedimiento en una escala mayor considerando nuevamente la solución inicial posible que apareció en la tabla 5.4, para

TABLA 5.14 Reducción a cero de los coeficientes de las casillas de solución

Planta	Almacenes				Restado
	1	2	3	4	
1	(19)	(30)	(50)	7(10)	-10(7)
2	2(70)	(30)	7(40)	(60)	30(4)
3	3(40)	8(8)	(70)	7(20)	0(2)
Restado	40(3)	8(1)	10(5)	20(6)	

TABLA 5.15 *Forma alternativa para reducir a cero los coeficientes de las casillas de solución*

Planta	Almacenes				Restado
	1	2	3	4	
1	(19)	(30)	(50)	7(10)	0(2)
2	2(70)	(30)	7(40)	(60)	40(6)
3	3(40)	8(8)	(70)	7(20)	10(3)
Restado	30(5)	-2(4)	0(7)	10(1)	

el problema que se muestra en la tabla 5.2. Las cantidades que pueden reducirse a cero, al sustraer de cada renglón y cada columna los coeficientes en las casillas de solución, se muestran en la tabla 5.14. Los paréntesis junto a las cantidades restadas indican el orden en el cual fueron obtenidas. Hay más de un grupo de cantidades restadas que reducirán los coeficientes en las casillas de solución a cero. Otro grupo se muestra en la tabla 5.15.

Las evaluaciones de las casillas vacías que resultan de utilizar la tabla 5.15 se muestran en la tabla 5.16. Estas evaluaciones son las mismas que las obtenidas por el otro procedimiento que partió de la tabla 5.11. Ahora se hace una reasignación a la casilla 1, 1 y se recalculan las cantidades que van a sustraerse para reducir los coeficientes de la casilla de solución. El proceso se continúa hasta que ya no haya más valores negativos en cualquier casilla.

Vamos ahora a las ideas matemáticas que se encuentran tras este procedimiento. Lo hacemos al considerar el siguiente problema algebraico. Sean $a, b, c, d, p,$ y q constantes dadas y supóngase que

$$Z = aw + bx + cy + dz \tag{5.1}$$

en donde

$$w + x - p = 0, \tag{5.2}$$

$$y + z - q = 0, \tag{5.3}$$

y

$$w \geq 0, \quad x \geq 0, \quad y \geq 0, \quad z \geq 0. \tag{5.4}$$

Suponemos que hemos escogido $x = y = 0$ y que deseamos encontrar como afectaría a Z un incremento en x (ó y). No podemos determinar la naturaleza de este efecto a partir de 5.1, porque un cambio en x dará lugar a un cambio en w (véase 5.2) y un cambio en y dará lugar a un cambio en z (véase 5.3). Pero nótese que podemos multiplicar 5.2 y 5.3 por una constante sin afectar su valor de ceros; de aquí que podemos restar el

TABLA 5.16 Evaluación de casillas producidas por la tabla 5.15

Plantas	Almacenes				Restado
	1	2	3	4	
1	-11	32	50	0	0
2	0	-8	0	10	40
3	0	0	60	0	10
Restado	30	-2	0	10	

resultado de 5.1 sin cambiar el valor de Z . Luego restamos a veces 5.2 y d veces 5.3 de 5.1. Obtenemos:

$$\begin{aligned} Z &= aw + bx + cy + dz - aw - au + ap - dy - dz + dq \\ &= (b - a)x + (c - d)y + ap + dq. \end{aligned} \quad (5.5)$$

A partir de 5.5 podemos determinar los efectos de un cambio unitario de x o y , porque las variables no cero w y z no aparecen en ello.

El problema de transporte es similar al recientemente descrito. El costo total, Z , que se va a minimizar, puede escribirse como

$$Z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \cdots + c_{in}x_{in} + c_{21}x_{21} + \cdots + c_{mn}x_{mn}, \quad (5.6)$$

en donde ninguna de las x son negativas y en donde los totales de renglón y columna son fijos; esto es (tabla 5.1).

$$\sum_i x_{ij} = a_j$$

y

$$\sum_j x_{ij} = b_i, \quad (5.7)$$

en donde a_j y b_i son constantes. Estas restricciones pueden utilizarse para eliminar todas las x no cero de 5.6. Los coeficientes en la expresión resultantes nos mostrarán cómo cambiaría Z si incrementamos cualquier variable con valor cero y compensamos al incremento ajustando las variables diferentes de cero. Para ver cómo trabaja esto, regresemos al problema mostrado en la tabla 5.2 y a la solución inicial factible al mismo problema que se muestra en la tabla 5.10. El primer total de la columna es

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 5.$$

Por tanto,

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} - 5 = 0. \quad (5.8)$$

Debido a que $c_{31} = 40$, eliminaríamos x_{31} de Z si restamos 40 veces 5.8, y el coeficiente c_{31} se convertirá en

$$d_{31} = 40 - 40 = 0.$$

Los coeficientes c_{11} y c_{21} se convierten en

$$d_{11} = 19 - 40 = -21$$

$$d_{21} = 70 - 40 = 30$$

Para eliminar x_{21} de Z multiplicamos

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} - 9 = 0$$

por $c_{21} = 30$ y lo restamos de Z . Al continuar este proceso podemos eliminar todas las x no cero de la función del costo. Los coeficientes restantes mostrarían entonces el cambio en Z para cada una de las variables cero y sería lo mismo que en la evaluación de las casillas. El proceso de cómputo puede simplificarse considerablemente por medio del razonamiento siguiente.

Deseamos tener un conjunto de pesos (u_1, \dots, u_m) , uno para cada renglón y otro conjunto (v_1, \dots, v_n) , uno para cada columna, tales que si

$$x_{ij} > 0,$$

entonces

$$c_{ij} - u_i - v_j = 0 \quad (5.9)$$

y si

$$x_{ij} = 0,$$

entonces

$$c_{ij}' = c_{ij} - u_i - v_j \quad (5.10)$$

En general, esto puede demostrar que hay $m + n - 1$ x con valor no cero por tanto, 5.9 da lugar a $m + n - 1$ ecuaciones en $m + n$ variables: $u_1, \dots, u_m, v_1, \dots, v_n$. Esto significa que podemos seleccionar una u o una v arbitrariamente y luego encontrar las demás. Además, se encontraría que si las u y v se calculan en el orden correcto, cada ecuación sucesiva implica solamente una incógnita.

Los programas de computadora o su equivalente, que pueden ejecutar el procedimiento descrito aquí, están fácilmente disponibles.

(Los ejercicios 1a y 1b deben hacerse en este momento).

DEGENERACION

Hemos visto cómo se puede resolver el problema de transporte, dado que podemos obtener un conjunto de números $u_1, \dots, u_m, v_1, \dots, v_n$ tal que para todas las x diferentes de cero hay una solución propuesta

$$c_{ij} = u_i + v_j. \quad (5.11)$$

Debido a que solamente nos interesan las sumas $u_i + v_j$, podemos derivar una infinidad de conjuntos $\{u_i\}$, $\{v_j\}$ a partir de un conjunto dado. Lo que realmente hacemos es tomar $\{u_i + \alpha\}$, $\{v_j - \alpha\}$ para convertirlo en otro conjunto; α puede tener cualquier valor que escojamos. Esto nos permite seleccionar un valor a nuestro desco (digamos $u_i = 0$) y determinar los otros a partir de 5.11. Esto resultará dado que hay $m + n - 1$ ecuaciones en 5.11, que generalmente será el caso. Sin embargo, puede suceder que una solución que se encuentre consista de menos de $m + n - 1$ x_{ij} con valor diferente de cero. Tales casos se denominan *degenerados* y, se requieren algunas modificaciones al procedimiento descrito previamente para resolverlos. Por ejemplo, considérese el problema que se muestra en la tabla 5.17.

TABLA 5.17 Problema de transporte degenerado

			Requerido
	7	3	2
	2	1	3
	3	4	5
Disponibile	4	1	5

Es fácil ver en la tabla 5.17 que $x_{11} = 2$, $x_{21} = 2$, $x_{22} = 1$, y $x_{33} = 5$ es una solución posible, pero nosotros tenemos solamente 4 x_{ij} con valor diferente de cero en vez de las 5 que requerimos. Esto ocurre porque cuando fijamos $x_{22} = 1$, satisfacemos las condiciones del renglón 2 ($x_{21} + x_{22} = 3$) y la disponibilidad de la columna 2 ($x_{22} = 1$) simultáneamente. En general, cada x_{ij} con valor no cero que se inserta, satisface ya sea un renglón o una columna, pero no ambos. Si el renglón no se hubiera satisfecho, habríamos tenido $x_{23} > 0$, y si la columna tampoco, entonces habríamos tenido $x_{32} > 0$. Cualquier adición proporcionaría un conjunto de ecuaciones para determinar las $\{u_i\}$, $\{v_j\}$. También podemos utilizar aquel con la menor c_{ij} , es decir, tratar a x_{23} como si fuese mayor de cero porque $c_{23} < c_{32}$. Es común fijar $x_{23} = \epsilon$ para recordarnos lo que hemos hecho. Aquí, ϵ va a tratarse como una cantidad muy pequeña, sujeta a las siguientes reglas:

1. $\epsilon < x_{ij}$ para toda $x_{ij} > 0$.
2. $\epsilon + 0 = \epsilon$.
3. $x_{ij} \pm \epsilon = x_{ij}$, $x_{ij} > 0$.
4. Si hay dos o más ϵ en la solución, $\epsilon < \epsilon'$ siempre que ϵ esté arriba de ϵ' . Si ϵ y ϵ' están en el mismo renglón, $\epsilon < \epsilon'$ cuando, ϵ está a la izquierda de ϵ' .

La última regla es arbitraria; en realidad solamente necesitamos un procedimiento para asegurar que distinguimos entre diversas ϵ . De otro modo una interacción puede invertir la modificación a la etapa previa.

Una forma de analizar lo que hemos hecho es imaginar que el problema original está ligeramente distorsionado de forma que no esté degenerado. Considérese el problema que se muestra en la tabla 5.18 y su solución.

TABLA 5.18 *Distorsión del problema mostrado en la tabla 5.17*

				Requerido
	7	3	4	2
	2	1	3	$3 + \epsilon$
	3	4	6	5
Disponibles	4	1	$5 + \epsilon$	

Empezamos con la solución $x_{11} = 2, x_{21} = 2, x_{22} = 1, x_{23} = \epsilon, x_{33} = 5$; fijamos $u_1 = 0$, y encontramos $u_2 = -5, u_3 = 8, v_1 = 1, v_2 = 6, v_3 = -2$. La solución y las evaluaciones de las casillas $c_{ij} - u_i - v_j$ son:

Solución	Evaluación
2 0 0	0 -3 -4
2 1 ϵ	0 0 0
0 0 5	-2 0 0

Decidimos aumentar x_{13} y vemos que esto requiere reducciones en x_{23} y x_{11} y un incremento en x_{21} . De acuerdo con la regla uno $x_{23} = \epsilon < x_{11} = 2$; por tanto, obtenemos la solución y la evaluación:

Solución	Evaluación	
$2 - \epsilon$ 0 ϵ	0 -3 0	u_i
$2 + \epsilon$ 1 0	0 0 4	0
0 0 5	-6 -4 0	-5
	v_j 7 6 -1	2

Decidimos incrementar x_{31} , lo que requiere reducciones en x_{33} y x_{11} y un incremento en x_{13} . Obtenemos:

Solución	Evaluación	u_j
0 0 2	6 3 0	0
$2 + \epsilon$ 1 0	0 0 -2	1
$2 - \epsilon$ 0 $3 + \epsilon$	0 2 0	2
	v_j 1 0 4	

Decidimos incrementar x_{23} , lo que requiere reducciones en x_{33} y x_{21} y un incremento en x_{31} . Obtenemos

<i>Solución</i>	<i>Evaluación</i>	u_j
0 0 2	6 1 0	0
0 1 $2 + \epsilon$	1 0 0	-1
4 0 1	0 0 0	2
v_j	1 2 4	

Concluimos que esta solución es óptima, porque todas las evaluaciones son no negativas. Debido a que la evaluación de la casilla 3.2 es cero y $x_{32} = 0$, concluimos que hay soluciones posibles alternativas con $x_{32} > 0$. El resultado final se escribe sin referencia a épsilon que se introdujo sólo para facilitar el cómputo.

En la práctica, necesitamos escribir ϵ en el cálculo únicamente donde aparezca solo. Puede omitirse en cualquier caso en que se sume (o reste) a una cantidad no cero.

El uso de épsilon en un computador digital requeriría un programa especial, lo cual no es conveniente. Es preferible distorsionar ligeramente todos los problemas y así sabemos que la degeneración no se presentará, y al final eliminar la distorsión. En la tabla 5.18 teníamos $a_1 = 2$, $a_2 = 3$, $a_3 = 5$, $b_1 = 4$, $b_2 = 1$, y $b_3 = 5$. La degeneración se presentó porque $a_1 + a_2 = b_1 + b_2$. Modifiquemos estas cantidades de manera que $a_1 = 2.00002$, $a_2 = 3.00004$, $a_3 = 5.00006$, $b_1 = 4$, $b_2 = 1$, y $b_3 = 5.000012$. Si resolvemos el problema modificado y redondeamos a los enteros más próximos, tendremos la solución al problema original degenerado y la degeneración no se presentará durante los cálculos.

La razón de la degeneración es que alguno de los subconjuntos de las a totaliza la misma cantidad que algún subconjunto de las b . Supongamos que las a y las b son números enteros entre cero y cien y que hay más a que b . Entonces, podemos estar seguros de eliminar la degeneración al adicionar $2 \cdot 10^{-5}$, $4 \cdot 10^{-5}$, $6 \cdot 10^{-5}$, ..., $2n \cdot 10^{-5}$ a las n sucesivas a y $10^{-5}[2 + 4 + 6 + \dots + 2n] = n(n+1)10^{-5}$ a la última b . Debido a que ningún subconjunto de las adiciones a las a totaliza lo mismo que un subconjunto de las adiciones a las b , no podemos tener degeneración, aun cuando el problema original fuera degenerado. Una vez resuelto el problema distorsionado, sencillamente redondeamos a los valores enteros más próximos para obtener la solución del problema original.

(En este momento deben hacerse los ejercicios 2a y 2b).

PROBLEMAS DESBALANCEADOS DE TRANSPORTE

El problema de transporte, en la forma que lo hemos tratado, tiene una cantidad de recursos disponibles igual a la cantidad de recursos re-

queridos. En la introducción a este capítulo un problema de asignación de este tipo se denominó "balanceado". Si los recursos disponibles y los requeridos no se balancean, algunos recursos disponibles permanecerán ociosos o bien algunos requerimientos permanecerán insatisfechos.

Si hay disponible una capacidad mayor que la requerida y no hay costos asociados con el hecho de dejar de usar capacidad, adicionamos un "destino ficticio" (por ejemplo, un almacén en el problema que hemos considerado) e igualamos las necesidades a la capacidad no utilizada. Los costos de embarque para este destino ficticio se igualan a cero. Entonces, el problema puede resolverse en la misma forma que un problema balanceado. Si hay un costo asociado con la capacidad no utilizada (p. ej. mantenimiento) y este costo es lineal, también puede tratarse fácilmente.

Si hay una capacidad insuficiente para atender los requisitos, es necesario adicionar un origen ficticio para "satisfacer" los requerimientos en exceso. El costo de un requerimiento insatisfecho rara vez es cero. Puede implicar una venta perdida, un retraso costoso, o bien la utilización de un sustituto más caro. Si los costos de los déficit son los mismos en todos los destinos, estos pueden distribuirse arbitrariamente. Si no es así, puede requerirse de un esfuerzo de investigación considerable para estimar dichos costos de déficit.

En algunos casos la capacidad adicional puede obtenerse por la utilización del tiempo extra en uno o más orígenes. Supóngase, por ejemplo, que tenemos tres plantas y cuatro almacenes, de la manera como se aprecia en la tabla 5.19. Puede utilizarse tiempo extra para elevar la capacidad en un 50% en cada planta, pero esto aumenta en 10, 15 y 20 los costos unitarios de producción en cada una, respectivamente. Si utilizáramos toda la capacidad de tiempo extra, tendríamos un exceso; y nos veríamos en la necesidad de incluir un almacén ficticio. Podemos asignar o podemos incorporar el tiempo extra al problema adicionando 3 "plantas de tiempo

TABLA 5.19 *Problema de transporte desbalanceado*

Planta	Almacenes				Disponibile
	1	2	3	4	
1	25	17	25	14	300
2	15	10	18	24	500
3	16	20	8	13	600
Requerido	300	300	500	500	1400 1600

TABLA 5.20 *Balaceo del problema de la Tabla 5.19 con tiempo extra*

Planta	Almacenes				Ficticio	Disponible
	1	2	3	4		
1	25	17	25	14	0	300
2	15	10	18	24	0	500
3	16	20	8	13	0	600
1 Tiempo extra	35	27	35	24	0	150
2 Tiempo extra	30	25	33	39	0	250
3 Tiempo extra	36	40	28	33	0	300
Requerido	300	300	500	500	500	2100

extra", como se ve en la tabla 5.20. La solución a este problema automáticamente nos garantizará que ninguna planta trabajará tiempo extra hasta que su capacidad regular se utilice en forma total. ¿Por qué? La solución de este problema se deja como ejercicio.

(En este momento debe hacerse el ejercicio 3.)

EL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Debe recordarse de nuestra discusión sobre degeneración que un problema de asignación es degenerado si, al hacer una asignación factible, la cantidad en cualquier casilla excepto la última satisface los requisitos de la columna y utiliza todos los recursos disponibles en el renglón. También se recordará la discusión introductoria a este capítulo que en un problema de asignación cada recurso puede asignarse solamente a una actividad y cada actividad a sólo un recurso. De aquí que el problema de asignación es una forma completamente degenerada del problema de transporte.

Considérese el siguiente problema. Cinco hombres están disponibles para hacer cinco trabajos diferentes. De registros previos, se conoce el tiempo que le toma a cada empleado hacer cada trabajo. Los datos se muestran en la tabla 5.21. En este caso las c_{ij} son los tiempos requeridos por cada hombre para hacer cada trabajo y las x_{ij} tienen un valor de 1 o 0: 1 si un hombre se asigna a un trabajo y 0 si sucede lo contrario. Por tanto, el problema es minimizar

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

sujeto a las condiciones siguientes:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

y $x_{ij} = 0$ ó 1 .

La última condición también puede escribirse como sigue

$$x_{ij} = x_{ij}^2.$$

Vemos que si se elimina la última condición y en su lugar se pone $x_{ij} \geq 0$, tenemos entonces un problema de transporte con todos los requisitos y recursos disponibles iguales a uno. La solución óptima hará que x_{ij} sea igual

TABLA 5.21 *Problema de asignación*

Hombres	Trabajos					Disponible
	1	2	3	4	5	
1	2	9	2	7	1	1
2	6	8	7	6	1	1
3	4	6	5	3	1	1
4	4	2	7	3	1	1
5	5	3	9	5	1	1
Requerido	1	1	1	1	1	5

a un entero ó cero, y es evidente que el único posible es uno.¹ De esta manera la solución al problema de transporte nos producirá automáticamente $x_{ij} = x_{ij}^2$.

Sin embargo, debido a la degeneración, la técnica de transporte no es muy útil. Siempre que hacemos una asignación, automáticamente satisfacemos los requisitos de un renglón y una columna y, por tanto, obtenemos n x_{ij} con valor no cero en lugar de $2n - 1$. Tenemos que proporcionar $n - 1$ épsilon, y puede suceder que las diferentes de cero sean óptimas, pero que las pruebas fallen al indicar la optimalidad porque las épsilon están colocadas equivocadamente.

El método de solución se funda en dos teoremas totalmente obvios. El primero manifiesta que la solución no varía si tenemos que sumar o restar una constante a cualquier renglón o columna de la matriz c_{ij} . Se puede establecer más precisamente como sigue:

Teorema 1 Si $x_{ij} = X_{ij}$ minimiza $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij}c_{ij}$ para todo x_{ij} de manera que $x_{ij} \geq 0$ y $\sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$, entonces $x_{ij} = X_{ij}$ también minimiza $Z' = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij}c'_{ij}$ en donde $c'_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$ para todo i y $j = 1, \dots, n$.

¹ No es difícil mostrar que si las a_j y las b_j en un problema de transporte son todas enteros, la solución óptima es también un conjunto de enteros.

Teorema 2 Si todo $c_{ij} \geq 0$ y podemos encontrar un conjunto tal que $x_{ij} = X_{ij}$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij} = 0.$$

entonces la solución es óptima.

El segundo teorema es obvio. Para probar el primero, nótese que

$$\begin{aligned} Z' &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (c_{ij} - u_i - v_j) x_{ij} \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} c_{ij} - \sum_{i=1}^n u_i \sum_{j=1}^n x_{ij} - \sum_{j=1}^n v_j \sum_{i=1}^n x_{ij} \\ &= Z - \sum_{i=1}^n u_i - \sum_{j=1}^n v_j. \end{aligned}$$

TABLA 5.22 *Matrices reducidas de la tabla 5.21*

(a)							(b)						
	1	2	3	4	5	Restado		1	2	3	4	5	Restado
1	1	8	1	6	1	1	1	0	7	(0)	4	0	1
2	5	7	6	5	0	1	2	(4)	6	5	3	0	1
3	3	5	4	2	0	1	3	2	4	3	(0)	0	1
4	3	1	6	2	0	1	4	2	(0)	5	0	0	1
5	4	2	8	4	0	1	5	3	1	7	2	(0)	1
						Restado		1	1	1	2	1	

Debido a que los términos que se restan de Z para producir Z' son independientes de las x_{ij} , se deduce que Z' se minimiza siempre que Z lo haga, e inversamente.

El método de solución consiste en la adición y sustracción de constantes a los renglones y las columnas hasta que un número suficiente de c_{ij} se vuelve cero para producir una solución con un valor de cero.

Empezamos restando el menor elemento de cada renglón y luego hacemos lo mismo para cada columna. Para el ejemplo de la tabla 5.21, los resultados se muestran en la tabla 5.22. Se restó un total de 10 de los renglones y las columnas. Por tanto, cualquier solución que obtengamos mediante la utilización de la tabla 5.22b debe tener adicionado 10 para su evaluación apropiada.

Primero buscamos una solución que asocie solamente a las casillas de la tabla 5.22b que tengan elementos cero, para dicha solución, si podemos encontrarla, sería la mejor posible. Sin embargo, puede haber varias soluciones que sean igualmente buenas. En este caso, no puede encontrarse

dicha solución. En la tabla 5.22*b* se señala una solución factible por las casillas cuyos valores están encerrados en paréntesis. Para determinar si es posible una mejora, puede utilizarse el procedimiento siguiente.

Nótese que cualquier resta posterior a un renglón o columna, aunque posiblemente aumente el número de ceros, sumará también números negativos, y una solución entre ceros ya no necesita más ser óptima. Sin embargo, los valores negativos pueden eliminarse por medio de adiciones adecuadas a columnas o renglones. Por ejemplo, si en la tabla 5.22*b*, restamos 2 a la columna 1, tenemos un -2 en el renglón 1. Si sumamos 2 al renglón 1, tendremos nuevamente un arreglo no negativo. El problema es introducir ceros adicionales en esta forma para que eventualmente obtenamos un arreglo con una solución entre ceros puede probarse que el procedimiento siguiente resuelve este problema.

1. Trácese el número mínimo de líneas horizontales y verticales necesario para cubrir todos los ceros, por lo menos una vez. (Puede demostrarse que en todas las matrices de $n \times n$, menos de n líneas cubrirán los ceros solamente en donde no hay solución entre ellos. Inversamente, si el mínimo número de líneas es n , entonces hay una solución.) Efectuando este paso en la tabla 5.22*b*, produce el resultado que se muestra en la tabla 5.23. Nótese que sólo se utilizaron cuatro líneas; por tanto, no hay solución óptima entre las casillas con valor cero.

TABLA 5.23

	1	2	3	4	5
1	0	7	0	4	0
2	4	6	5	3	0
3	2	4	3	0	0
4	2	0	5	0	0
5	3	1	7	2	0

2. Seleccíonese el menor número que no tenga una línea que lo cruce. En este ejemplo, es un 1 en 5.2.

3. Réstese este número de todos los elementos que no tengan líneas a través de ellos y súmese a todos los elementos que están cruzados por dos líneas. En este ejemplo eso produce el resultado que se ve en la tabla 5.24. Este procedimiento debe adicionar un cero en donde previamente no existía; en este caso en 5.2.

4. Inténtese encontrar una solución entre el nuevo conjunto de ceros. (En este caso no puede encontrarse). Si no puede encontrarse, repítase el paso uno y continúese hasta encontrar una solución. Al continuar el ejemplo obtenemos el resultado que se muestra en la tabla 5.25.

TABLA 5.24

	1	2	3	4	5
1	0	7	0	4	1
2	5	7	6	4	0
3	2	4	3	0	1
4	2	0	5	0	1
5	2	0	7	3	0

Ahora el menor número no cubierto es 2. Por tanto, a continuación obtenemos la tabla 5.26. Aquí, como se indica por el paréntesis, puede encontrarse una solución. Su valor es 13, lo cual es una mejora de uno sobre la solución inicial posible.

Ahora el lector debe demostrar que el paso 3 del procedimiento equivale a restar de ciertos renglones y adicionar a ciertas columnas de modo que se aplique el teorema 1.

TABLA 5.25

	1	2	3	4	5
1	0	7	0	4	1
2	5	7	6	4	0
3	2	4	3	0	1
4	2	0	5	0	1
5	2	0	7	3	0

Consideremos ahora un problema de asignación más complejo que se presenta en la operación de una aerolínea comercial. Considérese una aerolínea con vuelos en ambas direcciones entre dos ciudades, por ejemplo, Nueva York y Chicago. Si una tripulación tiene su base en Nueva York y llega en determinado vuelo a Chicago, debe regresar a Nueva York en

TABLA 5.26

	1	2	3	4	5
1	0	9	(0)	6	3
2	3	7	4	4	(0)
3	0	4	1	(0)	1
4	0	(0)	3	0	1
5	(0)	0	5	3	0

vuelo posterior (quizá al día siguiente). La compañía desea seleccionar el vuelo de regreso para minimizar el tiempo transcurrido en tierra lejos del hogar. Dada la tabla de tiempos se requieren dos tipos de decisión:

1. ¿Qué vuelos deben aparearse? Si dos vuelos se aparean la misma tripulación vuela a oriente en uno y a occidente en el otro.
2. Dados los pares de vuelos. ¿En dónde debe estar la base de las tripulaciones?

Se tomarán ambas decisiones para minimizar el tiempo en tierra lejos de casa, sujetas a un intervalo mínimo de una hora entre llegada y salida. Podemos tener una tabla de tiempos similar a la que se ve en la tabla 5.27, que se ha simplificado para hacer los cálculos aritméticos menos tediosos. En primer lugar, nótese que todos los tiempos son locales; por tanto, el tiempo de Chicago está una hora retrasado con respecto al de Nueva York. También debe observarse que los vuelos hacia occidente son más tardados que los que se efectúan en sentido contrario debido a los vientos que prevalecen.

TABLA 5.27 Programa de vuelos de una línea aérea

Vuelo	Salidas de Nueva York	Llegadas a Chicago	Vuelo	Salidas de Chicago	Llegadas a Nueva York
1	0730	0900	2	0700	1000
3	0815	0915	4	0745	1045
5	1400	1530	6	1100	1400
7	1745	1915	8	1800	2100
9	1900	2030	10	1930	2230

Empezamos con la preparación de 2 tablas (tabla 5.28) que nos indiquen los tiempos de traslape; consideramos que cualquier par de vuelos tenga su base en Nueva York o Chicago. (Los tiempos se dan en intervalos de múltiplos de cuartos de hora). Nótese la pareja de 7 y 10 con base en

TABLA 5.28 Tiempos de traslape

	(a) Con Base en Nueva York					(b) Con Base en Chicago					
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	
1	88	91	8	36	42	1	86	83	70	42	36
3	85	88	5	33	39	3	89	86	73	45	39
5	62	65	78	10	16	5	16	13	96	68	62
7	47	50	63	91	97	7	31	28	15	83	77
9	42	45	58	86	92	9	36	33	20	88	82

TABLA 5.29. *Tiempos de traslape mínimos*

Tiempos					
1	86	83	8*	36*	36
3	85*	86	5*	33*	39**
5	16	13	78*	10*	16
7	31	28	15	83	77
9	36	33	20	36*	82

Nueva York; ya que cuando el tiempo de traslape es menor de una hora deben adicionarse 24. El siguiente paso es la combinación de ambas tablas, utilizando la base que resulte en el menor tiempo de traslape para cada par. La tabla compuesta se ilustra en la tabla 5.29. Los valores marcados con un asterisco sencillo se refiere a vuelos con base en Nueva York; aquellos que no tienen esa marca tienen su base en Chicago. Un doble asterisco indica tiempos de traslape iguales en cada base. La solución a este problema de asignación se deja como ejercicio.

(En este punto deben hacerse los ejercicios 4 y 5).

RESUMEN

Un problema de asignación es el que implica la determinación de los recursos que deben utilizarse para ejecutar del mejor modo un conjunto de trabajos. En la clase de problemas de asignación que consideramos en este capítulo, y los que consideraremos en el siguiente, la medida del desempeño en un conjunto de trabajos es igual a la suma de las medidas que se aplicaron a cada combinación de recursos y trabajos.

En este capítulo consideramos dos tipos relativamente sencillos del problema de asignación: la asignación y el transporte.

El problema de transporte (o de distribución) implica la asignación de los recursos de uno o más orígenes a los trabajos que los requieren (destinos), en donde los trabajos pueden desarrollarse mediante la combinación de recursos de orígenes diversos. La mayoría de los problemas que implican la redistribución de carros vacíos de ferrocarril, camiones y aviones son de este tipo, lo mismo que los problemas de procedimiento de demanda en diferentes lugares desde diversos puntos de suministro. En este caso, como en el problema de asignación, podemos determinar cómo sumar o restar recursos o trabajos.

En el problema de asignación buscamos un apareamiento único biunívoco de recursos y trabajos para minimizar la suma de las medidas de los resultados de cada apareamiento que se haga. Por ejemplo, esos problemas se presentan al asignar aviones o tripulaciones a vuelos de aerolíneas comer-

ciales, camiones o choferes a rutas de entrega, hombres a oficinas, y espacio a departamentos. Si hay más trabajos de los que pueden hacerse, podemos decidir qué trabajo no se hace o qué recursos se aumentan.

Tanto los problemas de asignación como los de transporte son casos particulares del problema de asignación más general que se describe en el capítulo siguiente. Las lecturas complementarias relativas a este capítulo y una bibliografía aparecen al final del siguiente capítulo.