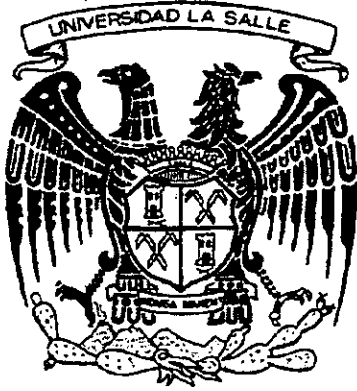


300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

1

**“APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES
EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN”**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Presentan:

**WULFRANO ESAÚL ABURTO BARRERA
REBECA HECKMULLER CERVANTES
OVIDIO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ**

ASESOR: ING. BENJAMÍN CASAR MARINA

277159

MÉXICO D.F.

ABRIL 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD LA SALLE

SOLICITUD DE AUTORIZACION
PARA LA APROBACION E IMPRESION DE TESIS
(GRUPO)

C. DIRECTOR GENERAL DE INCORPORACION
Y REVALIDACION DE ESTUDIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Presente

- | | | | | |
|----|------------------|-----------|----------------|--------------------|
| 1. | ABURTO | BARRERA | WULFRANO ESAUL | 178052988 |
| | APELLIDO PATERNO | MATERNO | NOMBRE (S) | No. de Cuenta UNAM |
| 2. | HECKMULLER | CERVANTES | REBECA | 839024068 |
| 3. | RODRIGUEZ | GONZALEZ | OVIDIO | 807046229 |


Alumnos de la carrera de: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA. Solicitan la
autorización de impresión de la Tesis Titulada: " APLICACION DE LA
INVESTIGACION DE OPERACIONES EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCION".

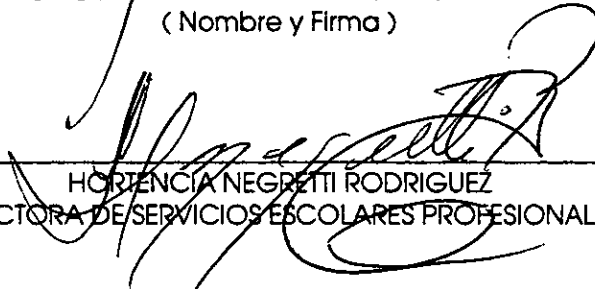
FIRMAS DE LOS SOLICITANTES

OTORGO EL VOTO APROBATORIO


ING. BENJAMIN CASAR MARINA

ASESOR DE TESIS
(Nombre y Firma)


ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS
DIRECTOR DE LA ESCUELA O FACULTAD
(Nombre y Firma)


HORTENCIA NEGRETTI RODRIGUEZ
DIRECTORA DE SERVICIOS ESCOLARES PROFESIONALES

México, D.F., a 3 de diciembre de 1999.

DEDICATORIAS

Gracias **Dios** por permitirme
llegar a este momento de mi vida.
Gracias **Jesús** porque nunca me
Has abandonado.

Gracias **Santísima Virgen María de Guadalupe**
que siempre me protegiste.

A mis Padres: **ESAÚL y MAGDALENA**
como un humilde tributo al amor
y cariño que siempre me han brindado.
Perdonen la tardanza...
Los amo eternamente

† **Abuelita Magdalena:** Muchas gracias
sin tu cariño y toda tu ayuda
no lo hubiera logrado. Te quiero siempre

A mi **Esposa Hortencia** por estar en las buenas y en las
malas. Con todo mi amor y cariño.
Gracias por estar hoy y aquí.
Te amo prietita.

A mis **Hijos Daniela y Diego** como un ejemplo de lo que no debe
de sucederle a un profesionista. Hoy mas que nunca hay que actuar
rápido. Con todo mi corazón los amo pequeños.....Papá.

A mis **Hermanos; Esaúl, Esteban y Magdalena**
a quienes siempre los
he querido y extrañado! Animo!

Con un cariño muy especial a mi otra **Familia los Martínez Castillo**
por todo el apoyo y calor humano que me han brindado durante todos estos años.

A mis **Maestros de toda mi vida.**
A la **Universidad La Salle, al Ing. J. Cajigas.**
A la **Srita. Adriana Becerril Sánchez** y a
todos los **Familiares y Amigos** que me han
impulsado para hacer de ésta deuda una realidad.
¡ **Mi más sincero agradecimiento !**

Wulfrano Esaúl Aburto Barrera

Este trabajo se lo dedicamos con todo cariño, amor y respeto a nuestros Padres, Maestros y en especial a Ovidio, María y Paula que nos han enseñado el verdadero motivo de vivir.

Rebeca y Ovidio

INDICE

INTRODUCCION

GENERALIDADES SOBRE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES.....1

CAPITULO 1. LOCALIZACION DE INSTALACIONES.....6

1.1.-EXPOSICION GENERAL DEL TEMA.....6

1.2.-TECNICAS O MODELOS DE LA LOCALIZACION DE INSTALACIONES...7

1.2.1.-MODELOS CUANTITATIVOS.....7

1.2.1.1.-ANALISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.....7

1.2.1.2.-MODELO DE LA MEDIANA SIMPLE.....11

1.2.1.3.-MODELO DE LA PROGRAMACION LINEAL DE
TRANSPORTE.....14

1.2.1.3.1.-METODO DE LA ESQUINA NOROESTE.....16

1.2.1.3.2.-METODO DE COSTO MINIMO.....19

1.2.1.3.3.-METODO DEL ESCALON.....21

1.2.2.-MODELOS CUALITATIVOS.....24

1.2.2.1.-METODO DE LA PONDERACION PARA CALIFICAR EL
FACTOR CUALITATIVO.....25

1.3.-RESUMEN.....29

1.4.-PREGUNTAS DEL CAPITULO.....30

1.5.- BIBLIOGRAFIA.....31

<u>CAPITULO 2. DISTRIBUCION INTERNA DE INSTALACIONES.....</u>	32
2.1.-EXPOSICION GENERAL DEL TEMA.	32
2.2.-CONCEPTOS SOBRE LA DISTRIBUCION INTERNA DE LAS INSTALACIONES.....	32
2.3.-TIPO DE DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES.....	33
2.3.1.-DISTRIBUCION INTERNA ORIENTADA AL PROCESO.....	33
2.3.2.-DISTRIBUCION INTERNA ORIENTADA AL PRODUCTO.....	35
2.3.3.-DISTRIBUCION INTERNA POR COMPONENTE FIJO.....	36
2.4.-TECNICAS O MODELOS PARA LA ELABORACION DE LA DISTRIBUCION INTERNA DE LAS INSTALACIONES ORIENTADAS AL PROCESO.	40
2.4.1.-ANALISIS GRAFICO Y ESQUEMATICO.	40
2.4.2.-MODELO DE CARGA-DISTANCIA.....	40
2.4.2.1.- PLANEACION SISTEMATICA DE LA DISTRIBUCION.....	42
2.4.3.-MODELOS DE COMPUTO.	44
2.5.-ELABORACION DE LA DISTRIBUCION ORIENTADA AL PRODUCTO....	47
2.5.1.-ANALISIS GRAFICO Y ESQUEMATICO.	47
2.5.2.-HEURISTICA EN LA DISTRIBUCION ORIENTADA AL PRODUCTO..	48
2.6.-RESUMEN.....	49
2.7.-PREGUNTAS DEL CAPITULO.....	50
2.8.-BIBLIOGRAFIA.	51
<u>CAPITULO 3. DISEÑO Y MEZCLA DE PRODUCTOS.</u>	52
3.1.-COMO LLEVAR A CABO LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS DENTRO DE UNA EMPRESA.	58
3.1.1.-TECNICAS MATEMATICAS PARA DECIDIR SOBRE LA MEZCLA DE PRODUCTOS.	59
3.1.1.1.-METODO GRAFICO.....	59
3.1.1.2.-METODO SIMPLEX.	65

3.2.-RESUMEN.....	76
3.3.-PREGUNTAS DEL CAPITULO.....	77
3.4.-RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CAPITULO.....	78
3.5.-BIBLIOGRAFIA.....	79
<u>CAPITULO 4. PLANEACION Y ANALISIS DE PROCESOS.....</u>	80
4.1.-PLANEACION DE PROCESOS.	80
4.1.1.-OBJETIVO DEL PLANEADOR DE PROCESOS.....	80
4.1.2.-ACTIVIDADES FRECUENTES DEL PLANEADOR DE PROCESOS.....	82
4.1.3.-RESTRICCIONES A CONSIDERAR DURANTE LA ELABORACION DE PROCESOS.	83
4.2.-TIPOS DE FLUJOS DE PROCESOS DE PRODUCCION.....	84
4.2.1.-CICLO DE VIDA DE LOS PROCESOS.....	87
4.2.2.-IMPORTANCIA DE LA RELACION PRODUCTO-PROCESO.....	89
4.3.-HERRAMIENTAS PARA LA ELABORACION DE PROCESOS.....	90
4.3.1.-DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO.....	92
4.3.2.-GRAFICA DE ACTIVIDADES Y DE HOMBRE-MAQUINA.....	95
4.3.3.-SELECCIÓN DE EQUIPO.....	98
4.4.-SIMULACION DE OPERACIONES.	99
4.4.1.-SIMULACION MONTECARLO.....	101
4.5.-RESUMEN.....	106
4.6.-PREGUNTAS DEL CAPITULO.....	107
4.7.-RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CAPITULO.....	109
4.8.-BIBLIOGRAFIA.	113
CONCLUSIONES.	114

INTRODUCCION

GENERALIDADES SOBRE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES

ORIGENES E HISTORIA:

El gerente que pueda tomar decisiones acertadas frente a la incertidumbre y a juicios personales no claros, es una persona envidiable. Hasta hace poco, las decisiones gerenciales siempre se tomaban por medio de un proceso simple llamado intuición. Sin embargo, la confianza en la intuición empezó a desvanecerse durante la Segunda Guerra Mundial, cuando empezaron a utilizarse extensamente enfoques matemáticos para la toma de decisiones. Estos fueron los orígenes de la *Investigación de Operaciones* tal como existe hoy en día. Para maximizar el esfuerzo de la guerra, era necesario asignar recursos escasos - de un modo efectivo- a las diversas operaciones y actividades militares dentro de cada operación.

Primero fue la Administración Británica y posteriormente la Americana quienes comisionaron un gran número de científicos para aplicar el enfoque científico a muchos problemas estratégicos y tácticos. Estos grupos de investigadores comprendían: físicos, biólogos, estadígrafos, matemáticos y psicólogos. Ellos conformaron el primer equipo de *Investigación de Operaciones*. Según los informes sus esfuerzos fueron indispensables para ganar los combates militares como la Batalla Aérea Británica, la Batalla del Atlántico Norte y la Campaña de las Islas del Pacífico.

Algunas de las investigaciones realizadas por los británicos en los primeros días de la Segunda Guerra Mundial eran la determinación del tamaño óptimo de una caravana para minimizar las pérdidas por ataques submarinos, la determinación del color adecuado de los aviones para minimizar la detección por submarinos (o maximizar el número de submarinos hundidos), la determinación de la mejor manera de desplazar las unidades de radar para maximizar la cobertura potencial contra posibles ataques del enemigo. Algunos estudios realizados por los americanos comprendían la solución de problemas logísticos, la invención de nuevos patrones de vuelo, la planeación de colocación de minas marinas y la

utilización efectiva de equipo electrónico. La esencia de muchos de estos estudios iniciales se fundamentaron en investigaciones estadísticas simples.

Después de la guerra, el éxito aparente de los grupos militares atrajo la atención de la industria, que buscaba soluciones a problemas causados por la complejidad y especialización ascendente en las organizaciones. Esto creaba posible incompatibilidad de metas y efectos de interacción entre las áreas de especialización y funcionalización. El resultado eran problemas complejos de decisión. Estos hechos impulsaron a las organizaciones de negocios, a utilizar herramientas formales de *Investigación de Operaciones*.

Es posible identificar por lo menos otros dos factores que contribuyeron significativamente al rápido crecimiento de la *Investigación de Operaciones* durante este período. Uno fue el progreso sustancial que se logró al desarrollar y mejorar las técnicas disponibles de la *Investigación de Operaciones*. Un ejemplo es el método simplex para resolver problemas de programación lineal y que fue desarrollado en 1947 por el matemático americano Jorge Dantzig. Muchas de las herramientas convencionales de la *Investigación de Operaciones* tales como la programación lineal, la programación dinámica, la teoría de inventarios y la teoría de colas estaban relativamente bien desarrolladas antes de finalizar la década de los 50's.

El segundo factor en el progreso impresionante de la *Investigación de Operaciones* fue el desarrollo paralelo de la computadora digital. Este le proporcionó al tomador de decisiones tremenda capacidad en velocidad de cómputo, almacenamiento y retiro de información. Si no fuera por el computadora digital, la *Investigación de Operaciones* con sus problemas de cómputo en gran escala, no hubiera crecido al nivel de hoy en día.

ALCANCES :

La *Investigación de Operaciones* se aplica tanto a problemas tácticos como a estratégicos (problemas repetitivos en naturaleza y que no requieren entradas subjetivas) de la organización. Los problemas tácticos tienen que ver con las actividades diarias de la organización. Ejemplos de este tipo de problemas comprende la programación de producción y el control de inventarios, el balanceo de líneas de ensamble, el mantenimiento y reparación de las instalaciones, planes de inspección para el control e intervención de calidad y el número de estaciones que atienden una línea de espera. Los problemas estratégicos tienen una orientación y una planeación más global, apoyándose en las operaciones diarias de la organización en forma indirecta. Como ejemplos de estos problemas tenemos el desarrollo de un programa a largo plazo para la expansión de la planta, la selección de sitios para una planta, la determinación de posturas estratégicas para persuasión, designación de recursos para exploración del espacio, desarrollo de programas para ayudar al necesitado, incrementar la educación de minorías en desventaja y la promoción del desarrollo urbano.

A medida que se desarrolló la disciplina de la Investigación de Operaciones, se escogieron varios nombres para capturar los matices sutiles de cada dominio particular de la actividad en cada campo. Los adjetivos que se usaban frecuentemente eran: **“Investigación de Operaciones”** , **“Análisis Operacional”** , **“Análisis de Sistemas”** , **“Análisis Costo Beneficio”** , **“Ciencias de la Administración”** , **“Ciencia de Decisión”** y otros. No hay necesidad de enumerar designaciones posteriores o intentar explicar las diferencias entre los varios calificativos puesto que estos crearán más calor que luz.

Por conveniencia, y con precisión razonable, podemos definir simplemente la *Investigación de Operaciones* como: **el método científico aplicado a la solución de problemas y a la toma de decisiones por la Gerencia**; que abarca todos los adjetivos enumerados en el párrafo anterior.

Un enfoque de *Investigación de Operaciones* requiere de:

1.- **Construir un modelo simbólico (usualmente matemático) que toma los elementos esenciales de un problema de decisión de la vida real que es inherentemente complejo e incierto, de tal manera que se pueda optimar una solución importante para los objetivos del tomador de decisiones.**

2.- **Examinar y analizar las relaciones que determinan las consecuencias de la decisión realizada y comparar el mérito relativo de acciones alternas con los objetivos del tomador de decisión.**

3.- **Desarrollar una técnica de decisión que comprenda teoría matemática, si es necesario, y que conduzca a un valor óptimo basado en los objetivos del tomador de decisiones.**

CARACTERISTICAS DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES:

Quizá la mejor manera de captar la naturaleza única de la Investigación de Operaciones es examinar sus características.

Enfoque : El enfoque principal de un estudio de *Investigación de Operaciones* es en la toma de decisiones. Esto es, el resultado principal del análisis debe tener implicaciones directas y no ambiguas para acción gerencial. Es decir debe ofrecer una sola alternativa óptima en el rango de interés.

Areas de Aplicación: La *Investigación de Operaciones* se aplica a problemas que tienen que ver con la conducción y coordinación de operaciones y actividades de una organización. La naturaleza de la organización no es importante . En realidad la Investigación de Operaciones ha sido aplicada extensamente en áreas muy diversas tales como : negocios, industria, hospitales y el gobierno.

Enfoque metodológico: La *Investigación de Operaciones* utiliza el método científico. Específicamente, el proceso comienza con la observación cuidadosa y la formulación del problema. El siguiente paso es construir un modelo científico (típicamente matemático o por simulación) que trate de abstraer la esencia del problema real. De este modelo, se obtienen conclusiones y soluciones que también son válidas para el problema real. En una forma iterativa, el modelo se verifica por medio de experimentación adecuada.

Objetivo: La *Investigación de Operaciones* intenta encontrar la solución mejor u óptima del problema en consideración. Para hacer esto, es necesario definir una medida de efectividad que tome en cuenta las metas de la organización. Esta medida se utiliza entonces para comparar acciones alternas.

Equipo de enfoque interdisciplinario: Ningún individuo puede tener un conocimiento total de todos los aspectos de la *Investigación de Operaciones* o de los problemas que se tratan. Esto requerirá un grupo de individuos que tengan conocimientos y habilidades diversas, indicando la necesidad de un enfoque de equipo. El equipo debe ser interdisciplinario, que comprenda individuos con habilidades en Matemáticas, Estadística, Economía, Administración, Ciencias de los Computadores, Ingeniería, Sociología, etc., etc.

Computadora digital: La mayoría de los estudios de *Investigación de Operaciones* requiere del uso de una computadora. Esto puede deberse a la complejidad del modelo matemático, el volumen de datos que deben manipularse o las necesidades de cómputo que deben realizarse. Muchas, si no la mayoría de las técnicas que se utilizarán en este texto se encuentran disponibles en programas comerciales, eliminando así la necesidad de resolver muchos problemas a mano.

CAPITULO 1

LOCALIZACION DE INSTALACIONES.

1.1.-EXPOSICION GENERAL DEL TEMA :

¿Cuántas instalaciones conviene tener y dónde deberán ubicarse?

Es el problema común que afrontan las empresas de servicios y aquellas que producen bienes manufacturados. Todos tienen que elegir los sitios de emplazamiento más adecuados para cumplir sus metas de corto, mediano o de largo plazo.

La ubicación de la empresa afecta el comportamiento de los ingresos y de los costos. Para ciertas instalaciones, tal vez sean decisivas algunas consideraciones, en particular sobre el ambiente o la mano de obra.

Pasos que se requieren en cualquier decisión de instalaciones :

- 1.- Desarrollo de una medida de la capacidad de las instalaciones.
- 2.- Preparación de un pronóstico de la demanda futura.
- 3.- Determinación de las necesidades de instalación.
- 4.- Generación de alternativas.
- 5.- Evaluación de alternativas.
- 6.- Decisión.

Las Cámaras de Comercio Estatales, las Secretarías de Desarrollo Económico de cada estado y el INEGI proporcionan información sobre las posibilidades de expansión en las distintas comunidades. Esta información comprende análisis geográficos de disponibilidad de mano de obra, población, servicios de transporte, perfiles de los tipos de comercio existentes e información semejante.

1.2.-TECNICAS O MODELOS DE LA LOCALIZACION DE INSTALACIONES:

Son diversos los modelos cuantitativos y cualitativos que se emplean para facilitar la determinación de la mejor ubicación de instalaciones.

A continuación se presentarán brevemente los tipos de modelos que tienen aplicaciones para el problema de ubicación :

1.2.1.-MODELOS CUANTITATIVOS:

1.2.1.1.-ANALISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.

Es la presentación gráfica o algebraica de las relaciones entre volumen, costo e ingresos. A medida que se aumenta el volumen de salida de un sistema productivo, también aumentan los costos y los ingresos. Los costos contablemente son clasificados como FIJOS Y VARIABLES.

FIJOS : son independientes del volumen de producción. Estos incluyen la iluminación y los gastos de administración que son iguales fabricando una o mil unidades.

VARIABLES : varían con el volumen de producción; una producción mayor significará mayores costos variables. Por ejemplo, costos de mano de obra directa y de materiales.

Entonces el analizar el punto de equilibrio permitirá:

- Identificar el nivel de las operaciones que debe alcanzarse para recuperar todos los costos de operación a partir de los ingresos.
- Asignar el precio del(os) producto(s) en función de la estructura de los costos de operación.

- Se requiere de un cierto volumen de producción para alcanzar el punto de equilibrio, pero una vez que esto se ha logrado, la rentabilidad crece.

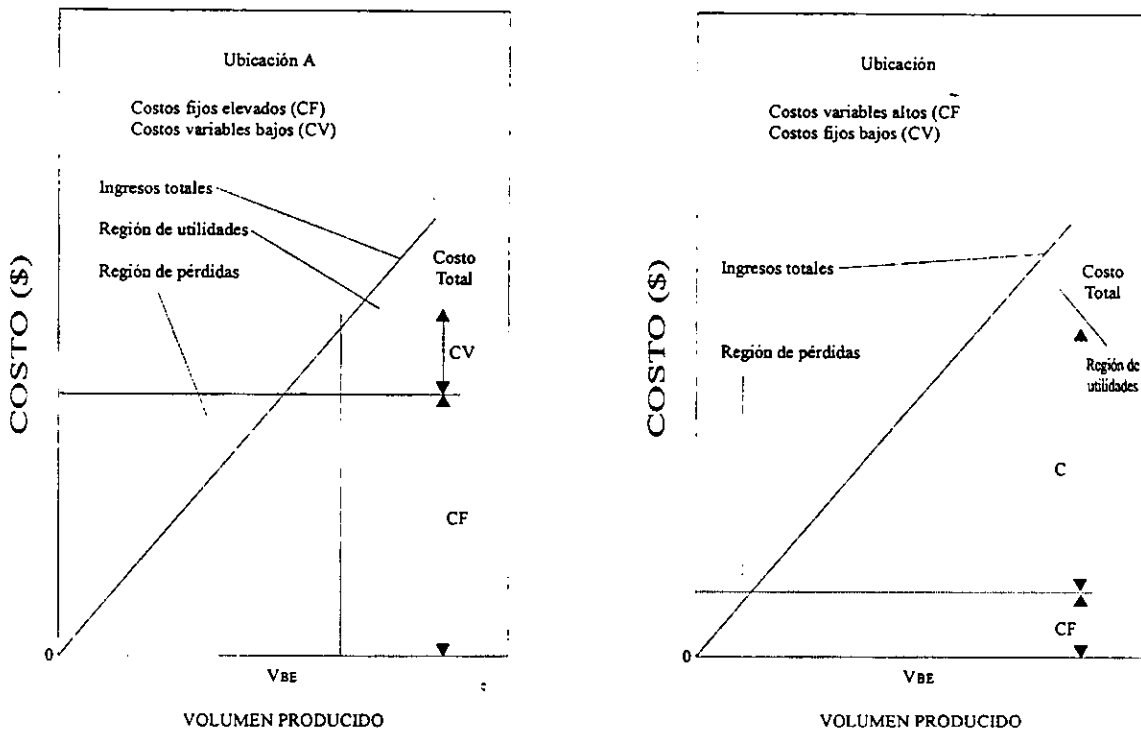


Fig.1.1.- Gráficos del punto de equilibrio para dos diferentes ubicaciones de las instalaciones

El método gráfico de punto de equilibrio para la decisión de ubicaciones es listado de la siguiente manera :

- Determinar todos los costos relevantes que varían con la ubicación.
- Clasificar los costos en cada ubicación en costos fijos por periodo (CF) y costos variables por unidad (CV).
- Representar los costos asociados con cada ubicación en una gráfica de costo por periodo contra volumen actual.
- Seleccionar la localización con el menor costo total (CT) y con el volumen de producción esperado (V).

Si los ingresos por unidad varían de una localización a otra, los valores de ingresos deben ser incluidos, y las comparaciones deben ser hechas con base en la diferencia entre

los ingresos totales y los costos totales de cada ubicación para el volumen esperado de producción.

Ejemplo :

Las ubicaciones probables en “A” y “B” y “C” tienen las estructuras de costos que aparecen en la tabla abajo explicada, para un producto que se espera vender a \$130.00 por unidad

- a) Encuéntrese la ubicación más económica para un volumen de producción y venta de 6000 unidades por periodo.
- b) ¿Cual es la utilidad esperada si se utiliza el lugar seleccionado en el inciso a ?.
- c) ¿Para qué monto de producción es mejor cada lugar ?.

Alternativas de localización	Costo fijo/ por periodo	Costo variable unitario
A	\$150,000.00	\$75.00
B	\$200,000.00	\$50.00
C	\$400,000.00	\$25.00

Para cada una de las alternativas, grafíquense los costos fijos (costos de un volumen de cero) y los costos totales (CF + CVT) de acuerdo con el volumen de producción esperado.

a) Alternativa A : $CT = 150,000 + 75.00 (6000) = 600,000$

“ B : CT = 200,000 + 50.00 (6000) = 500,000

“ C : CT = 400,000 + 25.00 (6000) = 550,000

Como la alternativa con el costo total más bajo es B, se afirma también, que B es la alternativa de localización más económica.

b) Entonces la utilidad esperada usando la alternativa B es:

Utilidad = IT - CT = (130/unidad) (6000 unidades) - \$500,000 = \$280,000/periódodo.

c) En la siguiente gráfica puede observarse la conveniencia de cada ubicación en función de la utilidad obtenida.

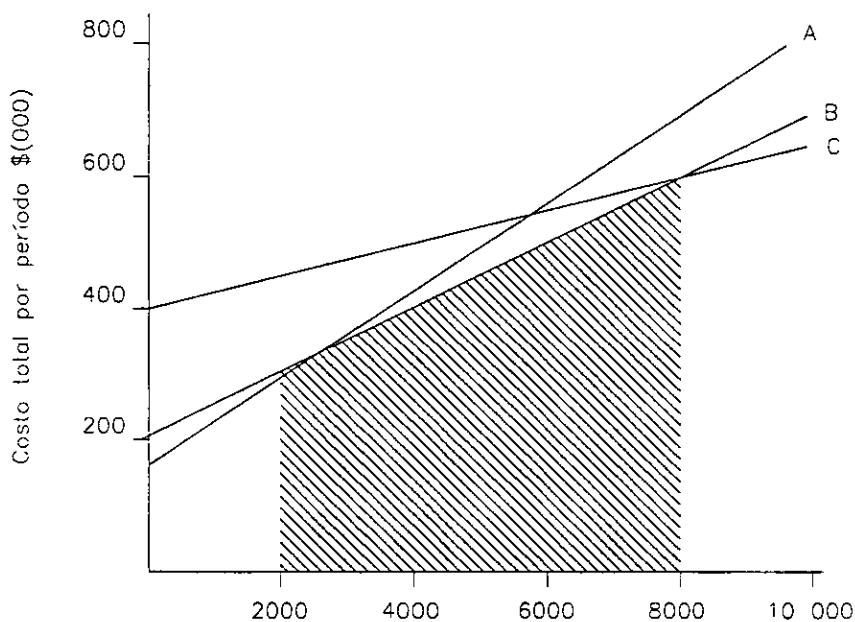


Fig. 1.1 Punto de equilibrio para decidir sobre ubicación de planta.

1.-Localizar la instalación en A solo sería rentable para volúmenes esperados de producción por periodo mayores a 2000 unidades.

2.-La mayor utilidad se obtiene al producir 6000 unidades vendiéndolas a un precio de \$130.00 con unos costos totales de operación de \$500,000.00

3.-Producir desde la ubicación C solo se justificaría con demandas de producción mayores a 8000 unidades.

El análisis de punto de equilibrio para decidir ubicaciones se aplica a situaciones específicas de un producto (o línea de productos). Si están implicados varios productos, los efectos de sus respectivos costos y volúmenes deben ser propiamente ponderados. Este análisis presupone que los costos fijos permanecen constantes y que los costos variables unitarios permanecen constantes también. Si el volumen esperado es muy cercano al punto de intersección de dos alternativas (ver Fig.1.2) otros factores pueden influir más que los costos.

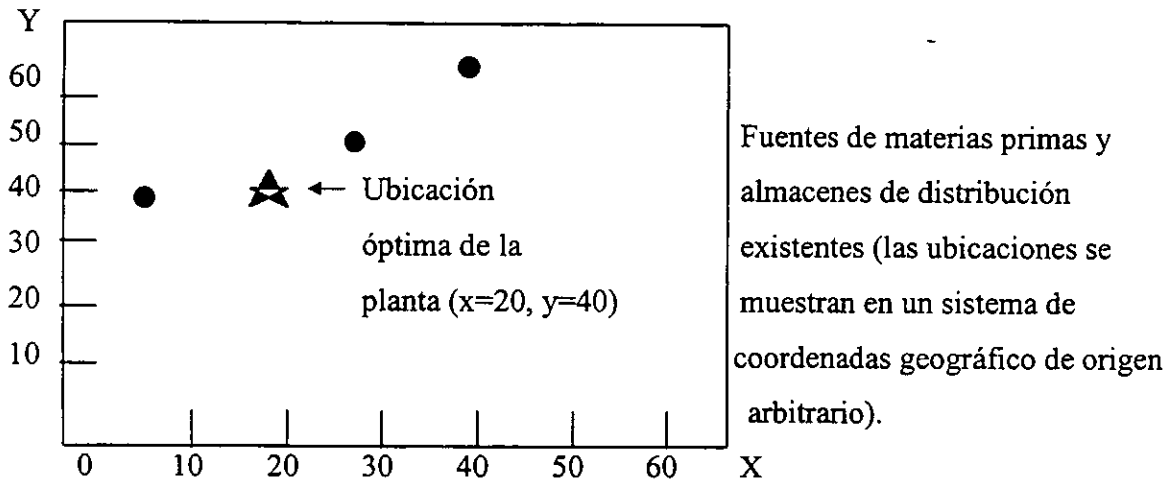
1.2.1.2.-MODELO DE LA MEDIANA SIMPLE

Procedimiento que toma como punto inicial una forma matemática para encontrar la ubicación de instalaciones, que permite reducir al mínimo los costos de transporte en una red de instalaciones.

Ejemplo:

Supóngase que se desea ubicar una nueva planta manufacturera, la que recibirá anualmente embarques de materias primas de cada una de las dos fuentes existentes, RM1 y RM2. La planta se destinará a productos terminados, que serán enviados a cada uno de los dos almacenes de distribución existentes AD1 y AD2.

Teniendo en cuenta las cuatro instalaciones, ¿Donde deberá localizarse la nueva planta para reducir los costos anuales de transporte, considerando la red completa de las instalaciones existentes ?.



El modelo de la mediana simple puede ayudar a resolver esta cuestión. Este modelo considera el volumen de embarques transportados en trayectorias verticales u horizontales. Todos los movimientos que se realizan en las direcciones este-oeste como norte-sur. No se realizan los movimientos en diagonal. El modelo de la mediana simple proporciona la ubicación óptima, es decir, la que minimiza el costo total de transporte.

$$\text{Costo del transporte} = \sum C_i L_i D_i$$

Donde :

- i Cada una de las instalaciones existentes.
- L_i Cantidad por periodos de embarques desplazados entre la instalación i y la nueva planta.
- C_i Costo de desplazar una unidad de embarque estándar a una unidad de distancia.
- D_i Representa la distancia entre la instalación i nueva planta y la nueva planta
- x_i y y_i Localización en coordenadas x, y de cada instalación i existente.

	<i>i</i>	<i>Li</i>	<i>Ci</i>	<i>xi</i>	<i>yi</i>
1.-	RM1	700	\$1	20	30
2.-	RM2	900	1	10	40
3.-	AD1	400	1	30	50
4.-	AD2	500	1	40	60
		2,500			

La distancia que se debe mover cada embarque depende de la ubicación que se elija. Se suma la cantidad de embarque (*Li*) multiplicado por la distancia que son desplazados (*Di*) multiplicado por el costo de mover cada uno de ellos de las ubicaciones existentes (*Ci*). La respuesta está en función del costo de todos los movimientos en el sistema.

Como todos los embarque deben de seguir trayectorias rectangulares, la distancia total que recorre un embarque se mide por la longitud del movimiento en la dirección *x* y en la dirección *y*.

$$D_i = |x - x_i| + |y - y_i|$$

Las variables *x* y *y* en la ecuación anterior representan las coordenadas de cualquier ubicación propuesta para la nueva planta. Una vez que la ubicación se ha especificado, se puede calcular la distancia para todos los movimientos de embarque *Di*.

Lo que deseamos hacer es encontrar los valores para x y y de la nueva planta, que dan como resultado un costo mínimo de transporte. Para ello es necesario llevar a cabo los siguientes pasos :

- 1.- Identificar el valor de la mediana en la cantidad total de embarques desplazados.
- 2.- Encontrar el valor de la coordenada x de la instalación existente que envía (o recibe) la mediana del embarque.
- 3.- Hallar el valor de la coordenada y de la instalación existente que envía (o recibe) la mediana del embarque.

Los valores de la x y de la y encontrados en los pasos 2 y 3 definen la ubicación deseada para la nueva instalación.

1.2.1.3.-MODELO DE PROGRAMACION LINEAL DE TRANSPORTE

Los costos de transporte de materias primas y productos terminados son significativos y merecen un análisis especial, ya que el transporte pocas veces añade valor a un producto. En toda empresa se desea saber cuanto se debe producir en cada planta y como será distribuida la producción, con el objeto de reducir el costo de transporte y satisfacer los requerimientos de la oferta y la demanda.

El modelo de transporte es una variante del modelo estándar de programación lineal y parte de los siguiente:

- Reducir el mínimo posible el costo total de la transportación.
- Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades transportadas.
- La oferta y la demanda están expresadas en unidades homogéneas.
- Los costos de transporte por unidad no varían con la cantidad transportada.
- La oferta total debe ser igual a la demanda total.

- a) Si la *demanda* es mayor que la *oferta*, debe crearse una oferta ficticia y asignar un costo de transporte de cero para que el exceso de demanda sea satisfecho.
- b) Si la *oferta* es mayor que la *demanda*, debe crearse una demanda ficticia y asignar un costo de transporte de cero para que el exceso de oferta sea absorbido.

Existen varios métodos para obtener soluciones iniciales y óptimas como:

- **costo mínimo y esquina noroeste para soluciones iniciales.**
- **método del escalón para soluciones óptimas.**

El procedimiento de solución es un proceso iterativo que comienza con una solución inicial factible, pero no necesariamente óptima.

La solución es progresivamente probada y modificada hasta alcanzar la solución óptima.

La solución óptima satisface la demanda al menor costo.

1.2.1.3.1.-METODO DE LA ESQUINA NOROESTE

La Cia. El Roble tiene plantas de producción en Piedras Negras, Nuevo Laredo y Saltillo. En las que se producen puertas de fierro forjado para el mercado doméstico. Los productos son por lo general distribuidos a las plantas de Torreón, Monterrey y Cd. Victoria. La Compañía ha determinado los costos de transporte (en pesos por unidad) que se indican en la siguiente tabla :

Costo de enviar a los almacenes de distribución en :			
Plantas de Producción.	Torreón	Monterrey	Cd.Victoria
Piedras Negras	\$10	\$14	\$8
Nuevo Laredo	12	10	12
Saltillo	8	12	10

Las capacidades de producción en las plantas de Piedras Negras, Nuevo Laredo y Saltillo son de 20, 30 y 40 unidades de carga por semana respectivamente, las distribuidoras absorben producto en las siguientes cantidades. Torreón con 40, Monterrey con 30 y Cd. Victoria con 20 unidades. **Determinense la distribución y el costo óptimo.**

Se usará el método de esquina noroeste para buscar la solución inicial. Para hacer esto se requiere que los datos estén arreglados en una matriz. El siguiente arreglo de celdas muestra las ofertas en renglones, las demandas en las columnas y los costos unitarios de transporte (\$) en las celdas pequeñas de la matriz.

		Almacenes de distribución (Demanda)			Producción
		(1) Torreón	(2) Monterrey	(3) Cd. Victoria	
(Plantas de Producción)	(A) Piedras Negras	(A1) 10 20(a)	(A2) 14	(A3) 8	20
	(B) Nuevo Laredo	(B1) 12 20(b)	(B2) 10 10(b)	(B3) 12	30
	(C) Saltillo	(C1) 8 20(c)	(C2) 12 20(c)	(C3) 10 20(c)	40
Demanda Total		40	30	20	90

La asignación inicial con el método de esquina noroeste (NO) es hecha de la manera siguiente :

- a) Se asignan tantas unidades como sea posible de la demanda de Torreón(40 a) a la casilla A1 en la esquina superior izquierda del total disponible de la producción de Piedras Negras.

Dadas las 20 unidades disponibles de producción en el renglón de Piedras Negras y las 40 unidades de demanda en la columna de Torreón, el máximo número de unidades que puede ser asignado ala casilla Piedras Negras-Torreón es de 20. Se anotan las 20 unidades para indicar una asignación inicial.

b) Como ya agotamos la oferta de Piedras Negras(renglón A) pasamos al renglón B.

Se asignan unidades de la oferta del renglón Nuevo Laredo o renglones adicionales hasta que la demanda en la columna de Torreón sea satisfecha. Esto requiere 20 unidades adicionales en la casilla B1 empleando 20 unidades de Nuevo Laredo y deja 10 unidades de B sin asignar.

c) Sucesivamente, las unidades restantes son asignadas al siguiente renglón en la siguiente columna y continua el procedimiento hasta que sus requerimientos de demanda estén cubiertos. Esto significa que las 10 unidades de B son asignadas a la casilla B2. Dado que esto no satisface la demanda en la columna 2, 20 unidades adicionales son tomadas en C.

d) Se continúa hacia abajo desde la izquierda, hasta que la oferta total haya sido asignada a la demanda total . La asignación inicial es completada por la asignación de las 20 unidades restantes del renglón de C a la casilla C3.

e) Las asignaciones son revisadas para verificar que todas las condiciones de oferta y demanda estén satisfechas. Dado que los totales de todos los renglones y las columnas concuerdan, la asignación inicial es correcta. Asimismo, el número de asignaciones es cinco, lo cual satisface el requerimiento de $R + C - 1$ (renglones más columnas menos uno) para $3 + 3 - 1 = 5$.

El costo de transporte según este arreglo es :

20 unidades	Piedras Negras a Torreón	@ \$10/unidad = \$200
20 unidades	Nuevo Laredo a Torreón	@ \$12/unidad = \$240
10 unidades	Nuevo Laredo a Monterrey	@ \$10/unidad = \$100
20 unidades	Saltillo a Monterrey	@ \$12/unidad = \$240
20 unidades	Saltillo a Cd. Victoria.	@ \$10/unidad = \$200
	Total	<u>\$980</u>

Almacenes de distribución

(Demanda)

		Torreón	Monterrey	Cd. Victoria	
(Plantas de Producción)	Piedras Negras	(A1) 10 20 (a)	(A2) 14 X	(A3) 8 X	20
	Nuevo Laredo	(B1) 12 20 (b)	(B2) 10 10(a)	(B3) 12 X	30
	Saltillo	(C1) 8 X	(C2) 12 20(c)	(C3) 10 20 (c)	40
		40	30	20	90

Así pues , muy probablemente esta primera asignación no es la optima ,es decir, aquella que minimiza los costos de transporte

1.2.1.3.2.-METODO DE COSTO MINIMO

El método de costo mínimo es simple ; se localiza en la casilla de menor costo y se asignan tantas unidades como sea posible.

La siguiente casilla de menor costo es localizada y llenada de nuevo.

Este proceso continua hasta que todas las condiciones de oferta y demanda (condiciones marginales) son satisfechas.

En el caso de que dos casillas tengan costos igualmente bajos, la mejor opción es llenar aquella que pueda absorber más unidades. Después de llenarse la otra, si es posible.

Almacenes de distribución

(Demanda)

		Almacenes de distribución			
		Torreón	Monterrey	Cd. Victoria	
(Plantas de Producción)	Piedras Negras	(A1) 10 X	(A2) 14 X	(A3) 8 20	20
	Nuevo Laredo	(B1) 12 X	(B2) 10 30	(B3) 12 X	30
	Saltillo	(C1) 8 40	(C2) 12 X	(C3) 10 X	40
		40	30	20	90

- a) Las casillas C1 y A3 tienen costos de \$8 por unidad. Primero colóquense 40 unidades en C1, para cumplir las condiciones de oferta y demanda de 40 y 40. Luego, llénense A3 con 20 unidades, para cubrir los requerimientos de 20 y 20.
- b) El siguiente costo de transporte más bajo es \$10 por unidad, el cual está en las casillas A1, B2 y C3. Sin embargo, las condiciones de oferta de los renglones A y C han sido satisfechas (agotadas), por lo que sólo B2 debe ser considerada. Colóquense 30 unidades en B2 para cubrir sus requerimientos marginales.
- c) Aparentemente la solución inicial está correcta, pero deben realizarse las verificaciones normales de renglón y columna.

Renglón (A) 20 = 20, Correcto

Columna (1) 40 = 40, Correcto

Renglón (B) 30 = 30, Correcto

Columna (2) 30 = 30, Correcto

Renglón (C) 40 = 40, Correcto

Columna (3) 20 = 20, Correcto

d) La solución inicial está terminada. Esta es, sin embargo, degenerada en que (número de renglones) + (número de columnas) - 1 = (número de asignaciones): esto es, $3 + 3 - 1 = 3$. Deben asignarse ceros a dos casillas vacías, por ejemplo. A B1 y C3, para que la restricción esté satisfecha.

Costo Total : (20)(8)=\$ 160.00
 (30)(10)=\$ 300.00
 (40)(8)=\$320.00

1.2.1.3.3.-METODO DEL ESCALON (STEPPING STONE)

El método del escalón es un procedimiento secuencial que empieza con una solución inicial factible del problema de transporte, para encontrar la solución óptima. En cada paso, se intenta en este procedimiento enviar artículos por la ruta que no se haya usado en la solución factible en curso, en tanto que se elimina una de las rutas que esté siendo usada actualmente.

Este cambio de rutas se hace de modo que :

- 1.- La solución se conserva factible.
- 2.- Mejore (en este caso, disminuya) el valor de la función objetivo.

El procedimiento cesa cuando no hay cambio de rutas que mejoren el valor de la función objetivo. La solución que tenga esta propiedad será la óptima.

Siguiendo con los fabricantes de puertas de fierro forjado vamos a buscar una solución óptima, basándonos en la solución inicial obtenida por el método de la esquina NOROESTE.

Almacenes de distribución

(demanda)

		Torreón		Monterrey		Cd. Victoria		
		(A1)	10	(A2)	14	(A3)	8	
(Plantas de Producción)	Piedras Negras							20
	Nuevo Laredo	(B1)	12	(B2)	10	(B3)	12	30
	Saltillo	(C1)	8	(C2)	12	(C3)	10	40
			40		30		20	90

a) En general el método de escalón (SS) requiere que se tengan $(m+n-1)$ celdas usadas, esto es, que los renglones $(3) +$ columnas $(3) - 1 = (5)$ celdas usadas. Se cumple.

b) Sobre la solución inicial, se eligen las rutas no usadas, una a la vez, para determinar como cambian los costos. Se selecciona la más atractiva y se modifica la solución inicial. Si no encontramos mejora, significa que tenemos la solución óptima.

- Iniciamos con la celda A2. Asignamos un embarque a esta celda, los costos se incrementan a \$14.00
- Moviéndose a cualquier celda utilizada, B2 para este caso, disminuyen los costos en \$10.00 pues se debe quitar un embarque.
- Girando 90 grados llegamos a A1 para disminuir un embarque, los costos se disminuyen \$10.00 Girando así hasta llegar a la celda no utilizada ; en la cual comenzamos los movimientos.

- El paso siguiente consiste en anotar y sumar algebraicamente los costos. El signo que se les anteponga está en función de si aumentan o disminuyen durante la trayectoria

$$14 - 10 + 12 - 10 = 6 \text{ sin cambio}$$

$$+(A2) -(B2) + (B1) -(A1)$$

Evaluemos también las trayectorias cuadradas cerradas

- A3 $8(A) - 10(C3) + 8(C1) - 10(A1) = -4$ posibilidad.
- B3 $12(B3) - 10(C3) + 8(C1) - 12(B1) = -2$ posibilidad.
- C1 $8(C1) - 12(B1) + 10(C2) - 10(B2) = -6$ posibilidad
- B3 $12(B3) - 10(C3) + 12(C2) - 10(B2) = +4$ sin cambio
- A3 $8(A3) - 10(C3) + 12(C2) - 10(B2) + 12(B1) - 10(A1) = +2$ sin cambio

Tres rutas nos muestran ahorro. Por lo que para modificar la solución inicial, se asignarán tantos embarques como sea posible ; en nuestro caso a C1.

Plantas

de Producción

Almacenes de distribución

(Demanda)

	Torreón		Monterrey		CD. Victoria		
	(A1)	10	(A2)	14	(A3)	8	
Piedras Negras		20					20
Nuevo Laredo	(B1)	12	(B2)	10	(B3)	12	30
		0		30			
Saltillo	(C1)	8	(C2)	12	(C3)	10	40
		20				20	
		40		30		20	90

Verificando :

$$10 \times 20 = 200$$

$$10 \times 30 = 300$$

$$8 \times 20 = 160$$

$$10 \times 20 = 200$$

$$860$$

\$ 120.00 de ahorro a la semana

Evaluamos las casillas vacías después de la reasignación, A3 tiene mayor posibilidad de cambio, por lo que le asignamos las 20 unidades.

Almacenes de distribución
(Demanda)

		Torreón		Monterrey		Cd. Victoria		
		(A1)	10	(A2)	14	(A3)	8	
(Plantas de Producción)	Piedras Negras						20	20
	Nuevo Laredo	(B1)	12	(B2)	10	(B3)	12	30
				30				
	Saltillo	(C1)	8	(C2)	12	(C3)	10	40
			40					40
			40		30		20	90

La solución óptima según este arreglo es :

40	unidades de Saltillo a Tampico	@ \$ 8/unidad	320
30	unidades de Nuevo Laredo a Monterrey	@ \$ 10/unidad	300
20	unidades de Piedras Negras a Cd. Victoria	@ \$ 8/unidad	<u>160</u>
	Total		780

El ahorro sobre la asignación inicial es de \$200 semanales.

1.2.2.-MODELOS CUALITATIVOS

Ponderar los factores es una manera de asignar valores cuantitativos a todos los factores relacionados con cada alternativa de decisión y de derivar una calificación compuesta que puede ser usada con fines de comparación. Esto lleva al tomador de

decisiones a incluir sus propias preferencias (valores) al decidir la ubicación, y puede conjugar ambos factores, cuantitativos y cualitativos.

1.2.2.1.-METODO DE LA PONDERACION PARA CALIFICAR EL FACTOR CUALITATIVO

- 1.- Preparar una lista de los factores relevantes.
- 2.- Asignar una escala común a cada factor y establecer un mínimo.
- 3.- Asignar una ponderación a cada factor para indicar su importancia relativa.
- 4.- Calificar cada lugar potencial de acuerdo con la escala diseñada, y multiplicar las calificaciones por las ponderaciones.
- 5.- Sumar los puntos de cada ubicación, y escoger la ubicación que tenga más puntos.

Por ejemplo : La empresa Albandey de México está evaluando tres posibles ubicaciones para una nueva planta y ha ponderado los factores relevantes, como se muestra en la siguiente tabla. Las calificaciones han sido asignadas con los valores mayores indicando condiciones preferibles. Usando estas calificaciones, desarróllese un factor de comparación cualitativo para las tres.

Factores Relevantes	ponde ración asignada	Sonora		Durango		Veracruz	
		califi cación	califi cación ponderada	califi cación	califi cación ponderada	califi cación	califi cación ponderada
Costo de producción	0.33	50	16.5	40	13.20	35	11.55
Oferta de materias primas	0.25	70	17.5	80	20.00	75	18.75
Disponibilidad de mano de obra	0.20	55	11.00	70	14.00	60	12.00
Costo de la vida	0.05	80	4.00	70	3.50	40	2.00
Ambiente	0.02	60	1.20	60	1.20	60	1.20
Mercados	0.15	80	12.00	90	13.50	85	12.75
Calificación total de la ubicación	100		62.20		65.40		58.25

Las calificaciones ponderadas son calculadas multiplicándolas por el peso que se les ha asignado (por ejemplo, $50 \times 0.33 = 16.50$) sumando esos productos. Con base en estos datos Durango es la ubicación preferible.

<p>1. Mercados</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Características del producto. precio actual y futuro. b) Localización y distribución geográfica actual y futura c) Industrias consumidoras. tendencias y nuevos usuarios. d) Logística de distribución. distancias, costos de flete, inventarios, tiempos de transportación. e) Competencia presente y futura. localización. f) Aspectos relacionados con exportaciones. 	<p>2. Materias primas</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fuentes de materias primas b) Disponibilidad presente y futura. c) Logística de distribución : distancia costo de fletes, inventarios, tiempos. d) Materias primas substitutas e) Aspectos relacionados con importaciones.
<p>3. Aspectos fiscales.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Impuestos federales y locales b) Incentivos federales y estatales. c) Política de descentralización Industrial y desarrollo regional. Otros impuestos y obligaciones. 	<p>4. Condiciones climáticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Altura sobre el nivel del mar. b) Condiciones de temperatura y humedad. c) Exposición a temblores, huracanes, etc. d) Efecto de factores climáticos en inversión.

<p>5. Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Disponibilidad: cantidad, requisitos legales. b) Calidad y características biológicas y químicas. c) Confiabilidad. d) Costos. 	<p>6. Energía eléctrica y combustibles</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Disponibilidad: cantidad. b) Calidad: características de las fuentes. c) Confiabilidad de fuentes de corriente eléctrica. d) Necesidad de fuentes de emergencia. e) Costos.
<p>7. Control ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Leyes y especificaciones relacionadas con el control ambiental : aire, agua, tierra. b) Concentración industrial. contaminación atmosférica. c) Medios de disposición de afluentes d) Medios de disposición de desperdicios. 	<p>8. Medios de transporte</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Ferrocarriles. b) Carreteras. c) Vías fluviales y marítimas. d) Transportación aérea. e) Aspectos de logística, frecuencia. costos, confiabilidad, tiempos y distancias.
<p>9. Mano de Obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Disponibilidad, calidad. b) Relaciones sindicales, influencia de sindicatos locales, problemas. 	<p>10. Desarrollo del lugar.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Características del terreno, espacio, costo. b) Resistencia del terreno. c) Acceso a FF. CC., carreteras. d) Acceso a fuentes de agua, energía, corriente eléctrica. e) Areas para expansión. f) Provisiones y espacio para expansión en plantas existentes, y/o planes futuros en otras líneas.

<p>11.-Factores de la comunidad</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Urbana o rural. b) Disponibilidad y costos de casas, c) Aspectos culturales y religiosos : iglesias, bibliotecas, teatros, cines. d) Escuelas. e) Servicios municipales en general. f) Hospitales, médicos, servicios médicos de emergencia. g) Hoteles y restaurantes. h) Instalaciones y actividades recreativas 	<p>12.- Comunicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Facilidades para transportación del personal : terrestre, aérea y otras. b) Teléfono y telégrafo. c) Servicio de correo. d) Radio
<p>13. Otros aspectos varios</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Legislación local. b) Refacciones y su disponibilidad. 	

Tabla 1.1.-Factores a ponderar para una nueva instalación productiva

1.3.-RESUMEN.

Este capítulo destaca el problema de planeación de la capacidad y la ubicación de las instalaciones, ya que ambos aspectos están inter-relacionados por el hecho de que la decisión de cambiar de capacidad a menudo implica la ubicación de nuevas instalaciones o la dislocación de las ya existentes. Los problemas de la selección de una ubicación implica hacer consideraciones sobre la forma en que se afectarán los costos y los ingresos.

Es necesario contar con estudios preliminares para obtener información de las muchas fuentes para poder identificar lugares factibles. Se exponen estudios detallados que emplean modelos para evaluar las consecuencias en los costos de las distintas alternativas de ubicación. Algunos de estos modelos son de simulación, los cuales se pueden elaborar para que puedan incluir muchos tipos de costos que intervienen en sistemas de producción-distribución de niveles múltiples de gran complejidad. También se incluyen modelos más sencillos, como el de la mediana simple y los de programación lineal, los cuales resultan de gran utilidad cuando los costos de transporte son muy importantes entre las diversas instalaciones del sistema.

A lo largo del proceso de identificación y evaluación de alternativas se comenta que la administración debe considerar las implicaciones de comportamiento en el problema de la ubicación. Los ingresos de muchas organizaciones de servicio dependen de la conveniencia y la accesibilidad de una ubicación orientada al cliente. Las organizaciones que tienen menos contacto directo con el público consumidor deben de reconocer las diferencias potenciales en el comportamiento de los empleados que pueden surgir en las diferentes ubicaciones. Si las distintas regiones dentro de un país, los diferentes sistemas de vida y muchas otras orientaciones de los valores son llevadas al centro de trabajo, estas diferencias afectan el comportamiento dentro del puesto y el desempeño global de la organización.

1.4.-PREGUNTAS DEL CAPITULO 1

- 1.- Bosqueja los factores que deberían de ser considerados en la ubicación de una planta nuclear para generar la electricidad. Haz una lista de los factores en orden de prioridad para mostrar la importancia de cada uno en la forma de la decisión.**
- 2.- Contrasta los problemas de localización de una empresa de manufactura con los de un supermercado, mostrando las consideraciones más importantes que son compartidas por ambos y las que los diferencian.**
- 3.- ¿Cuales serian tus razones para mantener una empresa de servicios de emergencia dentro del área urbana o fuera de ella? (Supóngase que hablamos de una empresa de servicios contra incendios.)**
- 4.- El modelo de la mediana simple es apropiado para algunos problemas de localización ; la programación lineal resulta apropiada para otros. Identifica las condiciones del problema de ubicación que te llevaría a preferir un modelo en vez de otro.**
- 5. Aún cuando la ubicación de instalaciones es una decisión de planeación, tiene implicaciones en cuanto a las decisiones en las subfunciones de organización y control. Explica porqué.**
- 6. Plantea un modelo o procedimiento creado por ti (fundamentado) para la planeación de ubicación de instalaciones.**

1.5.- BIBLIOGRAFIA

- **Administración de la producción y las Operaciones.**
Editorial : Prentice Hall
Everett E. Adam, Jr.
Ronald J. Ebert
Cuarta Edición.
Pags. 235 a la 248 y la 250.
- **Administración de Operaciones.**
Editorial : Mc. Graw Hill.
Joseph G. Monks.
Primera Edición 1991.
Pags. 2 a la 9, 49 a la 54, y 76 a la 84.
- **Administración de los Sistemas de Producción**
Editorial Limusa
Gustavo Velázquez Mastreta
Quinta Edición 1995

CAPITULO 2.

DISTRIBUCION INTERNA DE INSTALACIONES

2.1.-EXPOSICION GENERAL DEL TEMA :

La planeación de la distribución interna de instalaciones y el equilibrio productivo de la maquinaria o de las cadenas de montaje, siempre han tenido máxima prioridad en las operaciones.

El éxito de las operaciones depende de la distribución física de las instalaciones. Flujos de materiales, productividad y relaciones humanas también entran en juego en la disposición interna de las instalaciones de transformación. Algunas técnicas de modelación son útiles para la planeación de la distribución de planta y también conviene tener en cuenta los factores relacionados con el comportamiento.

2.2.-CONCEPTOS SOBRE LA DISTRIBUCION INTERNA DE LAS INSTALACIONES

La función operacional tanto en la manufactura como en los servicios puede dividirse en dos tipos fundamentales, dependiendo del grado de estandarización de los productos y del volumen de producción.

OPERACIONES INTERMITENTES : La manufactura intermitente es la conversión con características de producción de bajo volumen de productos, con equipo de uso general, operaciones de mano de obra intensiva, flujo de productos interrumpido, cambios frecuentes en el programa, una gran mezcla de productos así como

productos hechos a la medida. Los servicios con características similares también se clasifican como operaciones de conversión intermitentes (talleres).

OPERACIONES CONTINUAS: Las operaciones de producción continuas se caracterizan por un alto volumen de producción, por equipos de uso especializado, por operaciones de capital intensivo, por una mezcla de productos restringida y por productos estandarizados para la formación de inventarios.

Un diseño de distribución interna de las instalaciones consiste en la disposición o configuración de los departamentos, estaciones de trabajo y equipos que conforman el proceso de producción. Es la distribución especial de los recursos físicos prevista para fabricar el producto.

Una buena distribución manejará las materias primas, las personas y la información para que fluyan en una forma segura y eficiente.

2.3.-TIPOS DE DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES

Los tipos básicos de distribuciones son los siguientes :

- 1) **De proceso - funcionales.**
- 2) **De producto - línea.**
- 3) **De componente fijo.**

2.3.1.-DISTRIBUCION INTERNA ORIENTADA AL PROCESO.

- Adecuada para operaciones intermitentes.
- Los flujos de trabajo no están normalizados para todas las unidades de producción.
- Los centros o departamentos de trabajo involucrados en el proceso de planta se agrupan por el tipo de función que realizan.

- Emplean una variedad de equipo de uso general.
- Se establecen ordenes de trabajo individuales.
- Estas distribuciones se apoyan notablemente en la planeación y en las capacidades profesionales de los empleados de todos los niveles.
- Busca reducir los costos causados por el manejo de materiales.

¿Quiénes siguen este tipo de distribución?

Almacenes de distribución, hospitales y clínicas, universidades, oficinas, talleres.
 En algunas fábricas existen agrupamientos y departamentos, como soldadura y pintura.

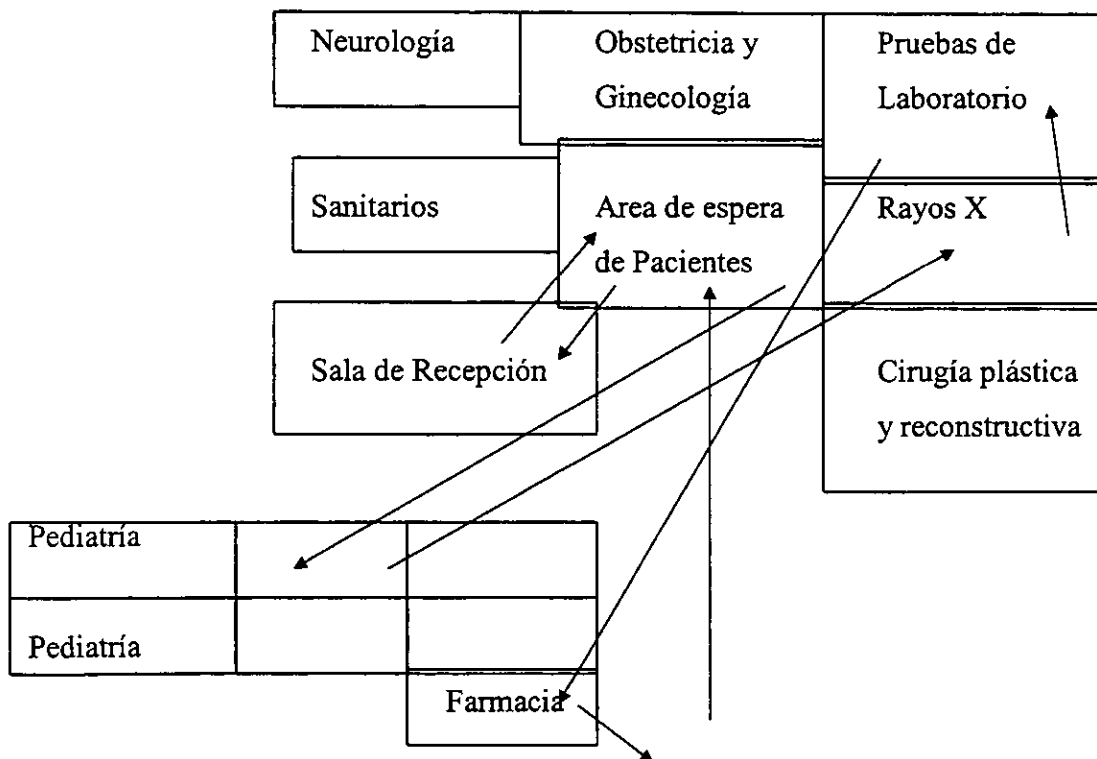


Fig. 2.1.-Flujo de pacientes en una unidad médica

2.3.2.-DISTRIBUCION INTERNA ORIENTADA AL PRODUCTO.

- Las distribuciones internas de las instalaciones orientadas al producto se adoptan cuando se fabrica un producto estandarizado, por lo común en gran volumen.
- Cada una de las unidades en producción requiere de la misma secuencia de operaciones de principio a fin.
- Los centros de trabajo y los equipos quedan alineados idealmente para ofrecer una secuencia de operaciones especializada que habrá de originar la fabricación progresiva del producto.
- Cada centro de trabajo puede proporcionar una parte sumamente especializada de la secuencia total de elaboración.
- El flujo de trabajo es generalmente continuo y es determinado por instrucciones estandarizadas.
- Las distribuciones por producto son usadas en manufacturas sencillas o en procesos industriales.

¿Quiénes siguen este tipo de distribución?

Los servicios de lavado automático de automóviles, las líneas de servicio en las cafeterías, los exámenes médicos masivos para los reclutas del servicio militar, el ensamblaje de automóviles y las plantas embotelladoras de bebidas, emplean distribuciones de planta orientadas al producto. Los productores de automóviles y tractores, son capaces de fabricar esos artículos “individualizados” en volumen, en líneas de montaje, usando para ello sistemas de producción flexibles.

En estas distribuciones agrupan a los trabajadores y el equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o cliente. Ellos se ayudan a sí mismos para usar transportadores y equipo automatizado para producir grandes volúmenes

de relativamente pocos artículos. El flujo de trabajo es generalmente continuo y es determinado por instrucciones estandarizadas.

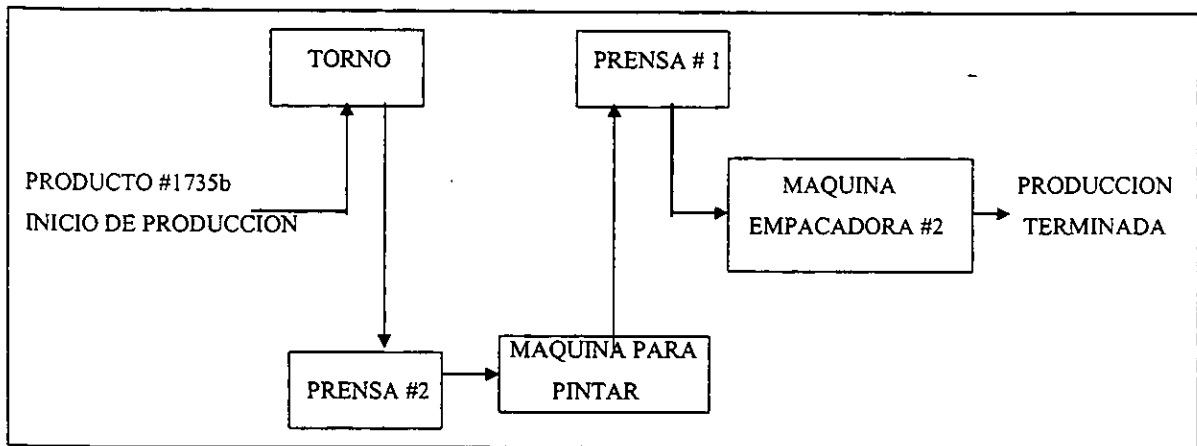


Fig. 2.2.- Ejemplo de una distribución interna orientada al producto

2.3.3.-DISTRIBUCION INTERNA POR COMPONENTE FIJO

Las distribuciones internas de las instalaciones por componente fijo se requieren cuando a causa del tamaño, conformación o cualquier otra característica no es posible desplazar el producto. En una distribución de planta fija, el producto no cambia de lugar ; herramienta, equipo y fuerza de trabajo se llevan hasta él, según se requiere, a fin de ejecutar etapas apropiadas de elaboración progresiva. La proyección de actividades puede aventajar usando las técnicas y redes (CPM y PERT) para trabajar en la planeación y en el control.

Una reparación casera de plomería, en la que los recursos se llevan hasta el sitio de servicio, es un buen ejemplo de esta distribución. Las distribuciones internas de instalaciones por componente fijo para la construcción de barcos, locomotoras y aviones a menudo son de este tipo, al igual que el trabajo agrícola, en que el arado, la siembra, los fertilizantes y la cosecha se llevan a cabo según lo requiera el campo.

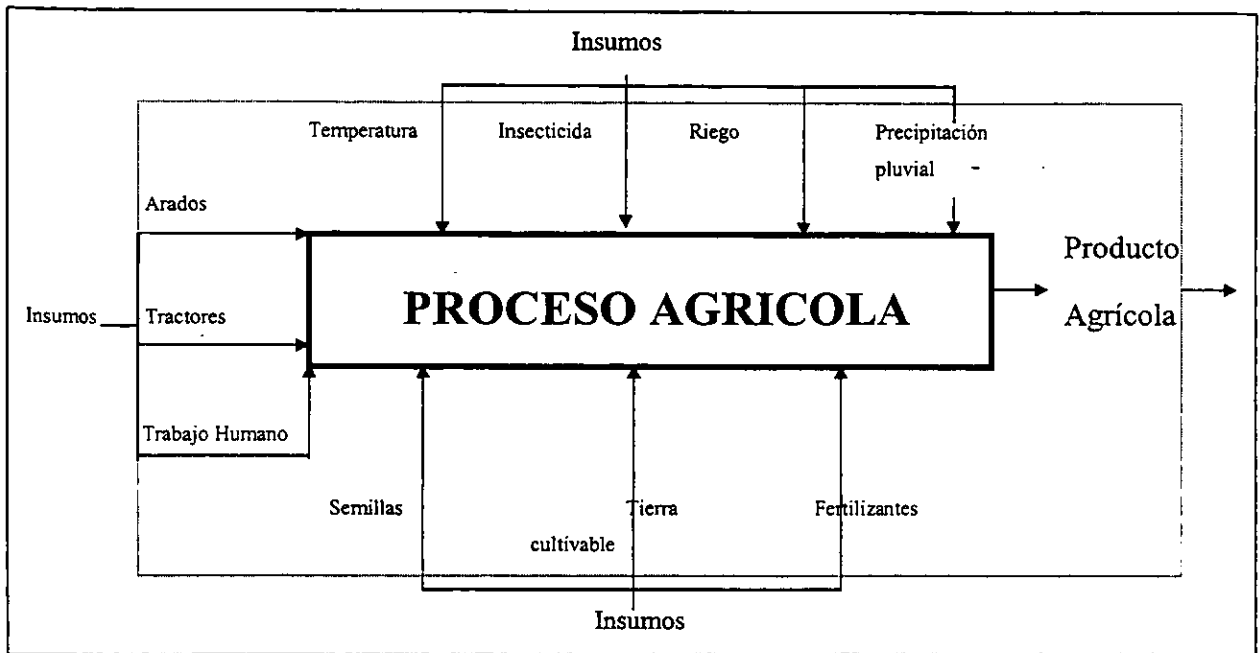


Fig.2.3.-El trabajo de la tierra es un buen ejemplo de un proceso orientado al producto

Aspectos del proceso de conversión	Orientación al producto	Orientación al proceso	Componente fijo
<i>Características del producto</i>	Distribución física concatenada a la producción de un producto estandarizado en gran volumen, en ritmos normales de producción.	Distribución física para productos diversificados que requieren operaciones fundamentales comunes, en volúmenes variables con diferentes ritmos producción.	Bajo volumen a menudo cada unidad es única

<i>Patrón del flujo de productos</i>	Línea recta de productos la misma secuencia de operaciones estandarizadas en cada unidad	Patrón de flujo diversificado cada orden puede requerir de una secuencia de operaciones única	Muy poco o ningún flujo de productos ; los equipos y los recursos humanos se llevan al punto a medida que se requiere.
<i>Requerimiento de habilidades humanas</i>	Tolerancia para llevar a cabo actividades rutinarias y repetitivas a un ritmo impuesto, capacidad de trabajo altamente especializada	Artesanos altamente especializados ; pueden desempeñar trabajos sin supervisión meticulosa y con cierto grado de adaptabilidad.	Alto grado de flexibilidad en los trabajos cuando esto se requiere, las asignaciones específicas de trabajo y las ubicaciones varían.
<i>Personal de ayuda</i>	Personal de ayuda numeroso e indirecto para programar los materiales y las personas, análisis y mantenimiento del trabajo.	Hay que tener habilidad para programar, para el manejo de materiales y la producción y control de inventarios.	Se requiere un alto nivel de habilidades de programación y coordinación

<i>Manejo de materiales</i>	Flujos de materiales previsibles, sistematizados y a menudo automatizados	El tipo y el volumen de lo que se maneja y se requiere son variables y a menudo hay duplicación.	El tipo y volumen de lo que se maneja y se requiere es variable a menudo en poca cantidad; se puede necesitar equipo pesado con múltiples propósitos.
<i>Requerimientos de inventario</i>	Alta rotación de materia prima e inventarios de trabajo en proceso	Baja rotación de materia prima e inventarios de trabajo en proceso; inventarios detallados de materias primas.	Inventario variable debido a un ciclo de producción largo puede dar como resultado inventarios sin movimiento durante largos periodos.
<i>Utilización de espacio</i>	Utilización adecuada de espacio, ritmo alto de producción por unidad de espacio.	Ritmo de producción relativamente bajo, por unidad de espacio de instalaciones, altos requerimientos de trabajo en proceso.	Para conversión dentro de las instalaciones puede ser factible un ritmo bajo de utilización de espacio por unidad de producción.
<i>Requerimientos de capital</i>	Inversión fuerte de capital en equipos y procesos que llevan a cabo funciones muy especializadas.	Equipos y procesos con varias finalidades y de uso flexible.	Equipos de propósito general y procesos que son móviles.
<i>Componentes del costo en el producto</i>	Costos fijos relativamente elevados; pocas unidades de mano de obra directa y bajos costos de materiales.	Costos fijos relativamente bajos, altos costos unitarios para mano de obra directa, para los materiales y el manejo de los materiales.	Elevados costos de mano de obra y de materiales, costos fijos relativamente bajos.

2.4.-TECNICAS O MODELOS PARA LA ELABORACION DE LA DISTRIBUCION INTERNA DE INSTALACIONES ORIENTADAS AL PROCESO.

2.4.1.-ANALISIS GRAFICO Y ESQUEMATICO.

Probablemente la técnica de distribución de planta más usual sea la del empleo de plantillas, esto es de recortes bidimensionales de equipos dibujados a escala. Estos recortes se colocan por tanteos dentro de un modelo a escala de los muros y de las columnas de la instalación. Esta técnica se aplica en los tres tipos de distribuciones de planta tentativas, pudiendo modificarse éstas con el simple uso de teclado.

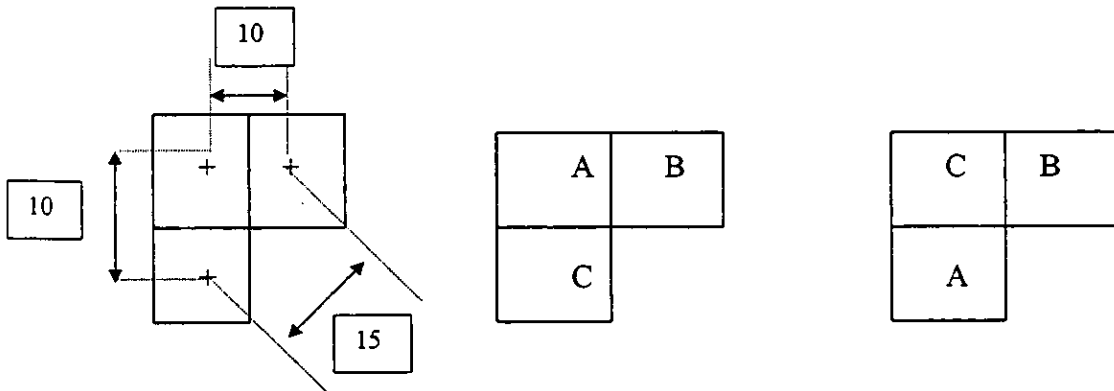
2.4.2.-MODELO DE CARGA-DISTANCIA.

Es una instalación orientada al proceso, se fabrican productos diversificados, los trabajos fluyen en diversos esquemas de jornada, y es preciso manejar una cantidad relativamente grande en materiales. La fabricación de una herramienta sobre pedido puede requerir que ésta transite en hasta 20 diferentes centros de trabajo conforme su proceso de fabricación avanza desde las materias primas hasta el producto terminado. Todos estos movimientos cuestan dinero. Personas y equipos deben estar disponibles y hay que contar con un espacio para almacenar el producto mientras se encuentre en estos centros de trabajo. Como el transporte no agrega valor al producto, los administradores buscan diseños de distribución que reduzcan al mínimo los flujos innecesarios entre los departamentos.

El análisis de carga-distancia evalúa distribuciones alternativas con base en la suma de la distancia actual (metros) multiplicado por la carga (unidades) de cada alternativa. Una variación de esto consiste en calcular el costo de manejo de materiales multiplicado directamente el número de cargas por el costo de manejo de los materiales de carga. La distribución con el menor costo total obtenido al multiplicar la carga por la distancia total o

ésta por el número de cargas es la mejor alternativa. Los costos son generalmente una función lineal de la distancia, a menos que los costos de carga y descarga sean considerados por separado.

Por ejemplo : Una instalación que será usada para producir un solo producto tiene tres departamentos (A, B, C) que deben ubicarse en la siguiente configuración :



DISTANCIA MTS.

OPCION NO.1

OPCION NO.2

Los flujos de carga interdepartamental y las distancias recorridas entre los centros de trabajo se manejan de la siguiente manera :

		HACIA	A	B	C
Desde :	A		-	30	25
	B		20	-	40
	C		15	50	-

Además, aparecen dos distribuciones opcionales por prueba y error. Evalúense las dos distribuciones con base en carga-distancia e identifíquese la distribución seleccionada. Supóngase que el costo de transporte del producto es de \$1.00 por carga-metro.

No. de cargas por semana	Opción No.1 (carga) (distancia)	Opción No.2 (carga) (distancia)
A a B y B a A = 30+20=50	(50) (10) = 500	(50) (14) = 700
A a C y C a A = 25+15=40	(40) (10) = 400	(40) (10) = 400
B a C y C a B = 40+50=90	(90) (14) = <u>1260</u>	(90) (10) = <u>900</u>
	Total 2160	Total 2000

Para \$1.00 carga-metro será preferida la opción No.2 con un costo total de \$2000. Sin embargo, las opciones posibles son, 3 factorial (!) ó $3 \times 2 \times 1 = 6$, y una disposición diferente puede ser menos costosa.

2.4.2.1.-PLANEACION SISTEMATICA DE LA DISTRIBUCION.

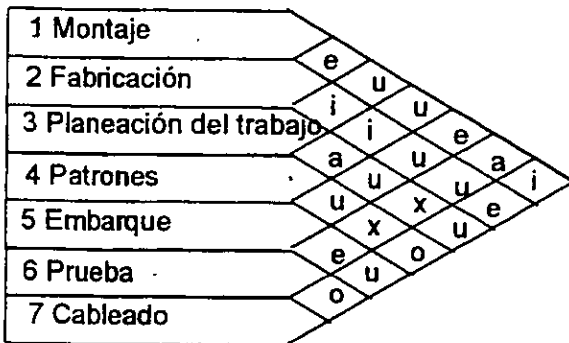
Se utiliza una matriz de coordenadas y jerarquiza la importancia de proximidad que debe haber entre departamentos. Para jerarquizar se utiliza el siguiente código :

Código de Proximidad	Grado de Importancia.
a	Absolutamente necesario
e	Muy importante
i	Importante
o	Adelante importancia ordinaria
u	No importa
x	Indeseable

Tenemos un proceso con 7 centros de trabajo, la jerarquización de proximidad es la siguiente :

Código de Proximidad. Grado de Importancia.

- a Absolutamente necesario
- e Muy importante.
- i Importante.
- o Adelante, importancia ordinaria
- u No importante
- x Indeseable



Primero : Listense las relaciones críticas

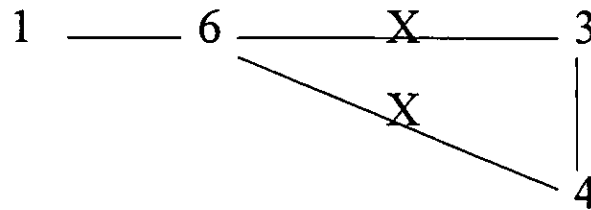
- (a) Absolutamente necesario y (x) indeseable
- (a) 1 - 6, - 4
- (x) 3 - 6, 4 - 6

Segundo : Identificar los centros de trabajo que deben ser localizados centralmente por tener la mayoría de las relaciones y aquellos que deben ser separados.

Montaje (centro de trabajo 1) es el que tiene más relaciones.

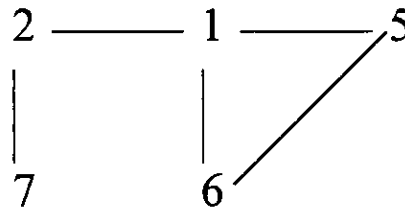
Prueba (centro de trabajo 6) debe estar separado.

Tercero : Grafiquense las relaciones de montajes y las relaciones x.



Cuarto : Se añaden en el grupo otras proximidades de importancia.

(e) 1 - 2, 1-5, 2 - 7, 5 - 6



Quinto : Es necesario reorganizar y reajustar, para acomodar los 7 centros de trabajo. Quedando la siguiente distribución :

3	2	1	5
4	7	6	

2.4.3.-MODELOS DE COMPUTO.

La planeación computarizada de la distribución de planta para procesos intermitentes ha evolucionado desde 1963, cuando se desarrolló el programa CRAFT, que fue el primer programa práctico. Hoy en día, de acuerdo con el catálogo del Center for Enviromental Research, existen más de ochenta programas de computadora disponibles.

CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities : distribución relativa de las instalaciones por computadora). El programa CRAFT lo desarrolló Armour y Buffa en el año de 1963 y más tarde lo refinó Buffa, Armour y Vollman en 1964 ; en éste programa se usa un criterio cuantitativo para la formulación de la distribución de la planta y puede resolver problemas que abarcan hasta 40 departamentos o centros de actividad.

CRAFT, es un procedimiento heurístico ^{1*} re-ordena la ubicación departamental en un esfuerzo para encontrar configuraciones que reduzcan los costos de manejo de materiales. La idea es obtener un diseño satisfactorio de la distribución de planta mediante la rápida evaluación de miles de modelos de distribución de planta opcionales en computadora.

CRAFT puede manejar instalaciones de 40 centros de trabajo de diferentes formas y dimensiones, y los centros individuales de trabajo que pueden ser movibles o no para propósitos de reubicación. Estas características toman en cuenta restricciones de orden real impuestas por la construcción de los edificios. CRAFT también toma en cuenta las diferencias en los tipos y costos del manejo de materiales entre los centros de trabajo. Para poder utilizar el CRAFT el analista debe proporcionar una configuración inicial de la distribución de planta, una matriz de cargas que identifique los volúmenes de flujos de materiales entre todos los departamentos, y una matriz de costos de transporte que identifique el costo de transporte de una carga entre los diferentes departamentos.

-
- La palabra heurística quiere decir "descubrir". La heurística consiste en las reglas de decisión que se descubren, casi siempre por prueba y error, para resolver los problemas de decisión. Algunas veces éstas reglas se acercan mucho a las soluciones óptimas de problemas matemáticos y otras veces no son tan buenas. La heurística se usa para resolver problemas de decisión, principalmente cuando no se dispone de técnicas óptimas o cuando éstas son demasiado costosas o difíciles de aplicar. En ésta ocasión, se usarán las reglas heurísticas para resolver tanto problemas de distribución de planta como problemas de balanceo de líneas de ensamble. En la práctica, éstas técnicas son algunas veces muy buenas y conducen a soluciones para problemas de decisión aún cuando puede no llegar a alcanzarse la solución óptima o la mejor.

El procedimiento de evaluación hace uso de un criterio semejante a la ecuación

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N L_{ij} D_{ij}$$

donde : N = el número de centros de trabajo

L_{ij} = el número de cargas o movimientos realizados entre los centros de trabajo i y j

D_{ij} = la distancia entre los centros de trabajo i y j

C = puede considerarse como un costo

Después de haber calculado la eficacia de la distribución inicial, CRAFT intercambia las ubicaciones de pares o tercias de departamentos. La eficacia de cada intercambio se evalúa adoptándose el mejor de estos intercambios y repitiendo el proceso en su totalidad. Cuando los costos totales de manejo de materiales no se pueden reducir más, o cuando ya se ha efectuado un cierto número de repeticiones, la mejor solución disponible se imprime como la distribución de planta a considerar.

Una ampliación reciente de los sistemas de distribución de planta CRAFT, permite la consideración de múltiples tipos de espacios. Mediante la modificación de la ecuación antes nombrada, para permitir objetivos múltiples, se pueden incluir elementos de diseño arquitectónico reales, dentro de la distribución física. Por ejemplo, en un ambiente de oficinas, se pueden instalar representaciones de las estaciones individuales de trabajo, áreas de circulación y colocar muros y accesos. Esta ampliación proporciona al gerente de operaciones un nivel de minuciosidad superior en la planeación de la distribución de planta, e ilustra el uso continuo de computadoras y modelos para mejorar las operaciones.

2.5.-ELABORACION DE LA DISTRIBUCION ORIENTADA AL PRODUCTO.

2.5.1.-ANALISIS GRAFICO Y ESQUEMATICO.

Las líneas de ensamble a menudo son diseñadas y realizadas por Ingenieros Industriales. Desde el punto de vista histórico han utilizado técnicas manuales basadas en el ensayo y error y plantillas, planos y procedimientos gráficos para sus diseños iniciales y luego mejorarlos. Para las grandes instalaciones, con muchas actividades y centros de trabajo, procedimientos no matemáticos aseguran el encontrar el mejor diseño posible. Por consiguiente, la calidad del diseño depende de la experiencia y del criterio de los diseñadores experimentados.

La distribución de planta para los procesos en línea difiere notablemente de la distribución de planta para los procesos intermitentes. Esas diferencias surgen como resultado de que la secuencia de las actividades de procesamiento en los procesos en línea está determinada por el diseño del producto ; el producto se elabora en forma secuencial realizando un paso y luego el siguiente a lo largo de la línea de flujo. Aunque la distribución de planta de los flujos en línea no afecta la dirección del flujo del producto, si afecta la eficiencia de la línea y los trabajos que se asignen a los trabajadores individuales. El ejemplo clásico de las operaciones de flujo en línea está representado por la línea móvil de ensamble.

Al mismo tiempo, la línea de ensamble parece tener serios efectos laterales en cuanto al aburrimiento, el ausentismo y la rotación de personal. Así, el diseño de las líneas de ensamble y las alternativas para las líneas de ensamble tradicionales son aspectos que la administración debe considerar cuidadosamente.

2.5.2.-HEURISTICA EN LA DISTRIBUCION ORIENTADA AL PRODUCTO.

Los modelos matemáticos y basados en computadoras de carácter heurístico pueden proporcionar ayuda para obtener un diseño de calidad. Ellos puede, de una manera rápida, identificar y evaluar diferentes alternativas de diseño, mucho más de todo lo que se pueda llevar a cabo en forma manual o intuitiva. Estas reglas se han obtenido por medio de la observación, la experimentación y por la teoría ; a menudo están adaptadas especialmente para un problema específico de distribución.

2.6.-RESUMEN

Las decisiones sobre distribución física se llevan a cabo solo periódicamente. Como sus consecuencias son a largo plazo, se deben de planear cuidadosamente. El diseño de la distribución física afecta, en última instancia, el costo de producción de los bienes y de la prestación de los servicios por largos años en el futuro. Se hizo la exposición de los tres tradicionales diseños básicos de distribución física : el orientado al proceso, el orientado al producto y el de componente fijo. Las distribuciones físicas orientadas al proceso se conforman de tal manera que los centros de trabajo o departamentos se agrupan entre sí de acuerdo al tipo de trabajo que realizan. Las distribuciones físicas orientadas al producto implican un ordenamiento de los centros de trabajo y los equipos en línea de manera que las operaciones especializadas en secuencia se puedan dar como resultado la elaboración del producto. En una distribución física de posición fija, el producto no cambia de lugar ; todos los recursos son conducidos hasta él. Para las distribuciones físicas de procesos y productos (líneas de ensamble) el diseño principia con un enunciado sobre las metas de la instalación. Las distribuciones físicas se diseñan para cumplir con estas metas.

Después de tener los primeros diseños se busca mejorarlos. Esto puede ser una actividad compleja y tediosa, por ser tan grande la variedad de diseños. Por ésta razón con frecuencia se utilizan modelos cuantitativos y de cómputo para ayudar al diseñador. Los modelos de distribución física de procesos y productos son muy diferentes : los modelos de procesos en general minimizan las relaciones de carga (volumen) distancia desplazada, y los modelos de productos se centran en reducir al mínimo el tiempo de la mano de obra ociosa mediante técnicas de balanceo de líneas.

Además de los puntos de vista tradicionales, ha surgido una nueva orientación en la distribución física de las instalaciones, la que surgió del éxito japonés con los sistemas de producción de jalón en vez de los de empuje de estas dos orientaciones fueron contrastadas, junto con otras características del sistema de producción. Estas comparaciones ilustran cómo los distintos diseños de distribución física resultan apropiados para los diferentes sistemas de producción, dependiendo del enfoque que se haya escogido en la organización y de la estrategia competitiva.

2.7.-PREGUNTAS DEL CAPITULO 2

- 1.- Explica qué relaciones existen entre las decisiones sobre la distribución física.
- 2.- Hasta qué punto los modelos cuantitativos de distribución física toman en cuenta los factores de comportamiento ?.
- 3.- Compara los modelos manuales y cuantitativos para el diseño orientado, al producto de la distribución física (línea de ensamble). ¿Cuales son las ventajas de cada uno de los modelos ?.
- 4.- Identifica los factores principales de comportamiento implicados en el diseño orientado al proceso de la distribución física. Da dos ejemplos.
- 5.- Define CRAFT, y explica en qué consiste.
- 6.- Identifica los factores principales de comportamiento implicados en un diseño orientados al producto. Da dos ejemplos.
- 7.- Algunos sostendrán que los empleados en general no deben tener voz ni voto en el diseño de la distribución física. Otros argumentarán que en la distribución física definitivamente deben participar todos los empleados. Da tu punto de vista.

2.8.-BIBLIOGRAFIA :

- Administración de la producción y las Operaciones.
Editorial : Prentice Hall
Everett E. Adam, Jr.
Ronald J. Ebert
Cuarta Edición.
Pags. 235 a la 248 y la 250.

 - Administración de Operaciones
Editorial : Mc. Graw Hill.
Roger G. Shroeder.
Pags. 259 a 265.

 - Administración de Operaciones.
Editorial : Mc. Graw Hill.
Joseph G. Monks.
Primera Edición 1991.
Pags. 2 a la 9, 49 a la 54, y 76 a la 84.
-

CAPITULO 3

DISEÑO Y MEZCLA DE PRODUCTOS (PROGRAMACION LINEAL)

3.1.-ETAPAS DE VIDA DE LOS PRODUCTOS

Un producto no es otra cosa más que :

- a) Un bien ó
- b) Un servicio.

Ambos cumplen la finalidad de satisfacer las necesidades de un grupo de consumidores, durante un ciclo de tiempo determinado.

A esto último se le conoce como ciclo de vida del producto que, aunado a la intervención de la competencia, impulsa a los empresarios a innovaciones en el producto o desarrollo de nuevos productos, lo cual es la base de los negocios.

La figura 3.1 muestra el panorama “normal” y “general” que sigue la evolución de un producto y su proceso.

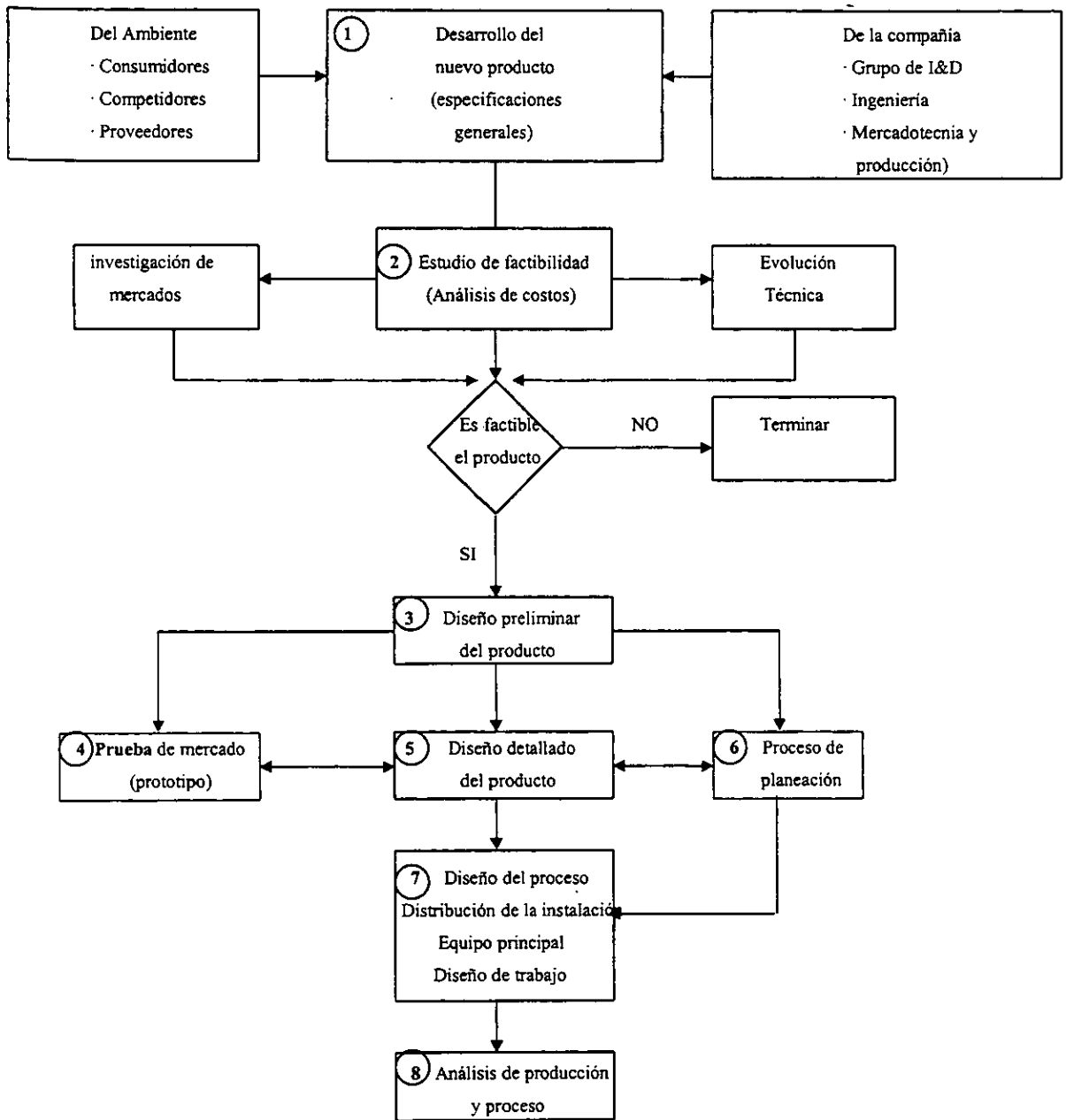


figura.3.1.-Evolución de un producto y de su proceso

Es común que el nacimiento de un nuevo producto sea originado, además de la competencia, por la misma clientela, por el departamento de Mercadotecnia, por el de Investigación y Desarrollo (si es que existe dentro de la empresa), la alta Dirección, Ingeniería, Producción o por cualquier integrante de la organización, comprometido por la supervivencia de la misma.

Antes de revisar el ciclo de vida de los productos, es importante anotar las diferencias de planeación entre los bienes y los servicios. Ver tabla 3.1.

Bienes	Servicios
<ol style="list-style-type: none"> 1. Producto (físico) tangible 2. Valor almacenado en el producto. 3. Producto en un medio industrial (lejos de los consumidores). 4. Frecuentemente estandarizados 5. Calidad inherente al producto (Una función de materiales). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Producto menos tangible 2. Valor conferido al uso. 3. Producido en un medio de mercado (en conjunción con el consumidor) 4. Frecuentemente individualizado 5. Calidad inherente al proceso (Una función del personal).

Tabla 3.1.- Diferencias de la planeación de bienes y servicios.

La formalidad de la planeación es una diferencia primordial que distingue a los bienes de los servicios.

En los bienes, los dibujos, diseños y estándares de calidad son mucho más específicos. El ambiente o lugar donde se produce está separado del consumidor, lo que

permite el control riguroso, si así se requiere, de todas las actividades de producción. Ej. manufactura de autos, fabricación de jabones, etc.

En un servicio, es normal que las actividades de producción se den en presencia del consumidor. Ej. Restaurantes, hotelería, consultoría, etc.

3.1.1.-CICLOS DE VIDA DEL PRODUCTO

A las etapas que sigue un producto durante su evolución en mercadotecnia se le conoce como ciclo de vida del producto.

Dichas etapas son :

- a) Introducción.
- b) Crecimiento.
- c) Madurez.
- d) Alto volumen de saturación y/o
- e) Declinación.

El período de duración de cada una de estas etapas, varía de acuerdo al sector industrial del que se trate. Productos considerados “novedades” pueden vivir pocas semanas, otros productos vivirán años, inclusive décadas. Lo relevante de conocer este ciclo para las personas encargadas de la administración de operaciones en una organización, es saber cuando ocurren las diferentes etapas para cada producto y como se tendrán que adaptar las operaciones en cada una de ellas, dada la carga de productos ya existentes en la organización productiva.

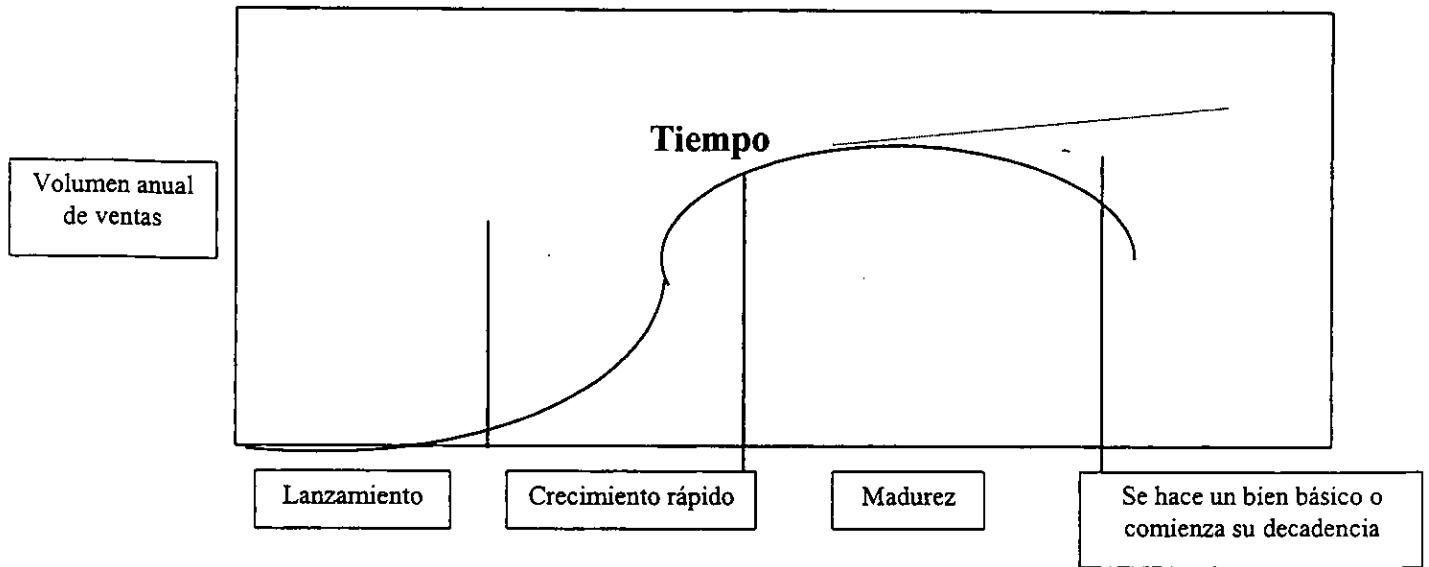


Figura 3.2.- Curva del ciclo de vida de los productos

VARIEDAD DE PRODUCTOS	GRAN VARIEDAD	ESTANDARIZACION CRECIENTE	APARICION DE UN DISEÑO DOMINANTE	ALTA ESTANDARIZACION CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO BASICO
VOLUMEN MODELO DEL PRODUCTO	volumen bajo	Volumen creciente	Volumen elevado	Volumen elevado
ESTRUCTURA DEL SECTOR INDUSTRIAL	Pequeños competidores	Caída y consolidación	Pocas grandes compañías	“Sobrevivientes”
FORMA DE COMPETENCIA	Características del producto	Calidad y disponibilidad del producto	Precio y dependencia	Precio

Tabla 3.2.-Características importantes del ciclo de vida del producto, de la tecnología del proceso de manufactura.

Es común que durante la fase de lanzamiento, se den cambios en cuanto al diseño, en contraste con la etapa final en donde el proceso de conversión presenta menos problemas.

Algo más que se desprende del análisis del ciclo de vida de los productos, es referente a la competitividad del producto dado que cuando es lanzado al mercado -al inicio del ciclo- se explotan muy bien sus atributos de exclusividad y calidad, sin embargo, permanecer como un bien básico, dependerá entre otras cosas del precio con respecto a la competencia y a una buena capacidad de distribución. Dicho de otra manera :

- **Desarrollar una capacidad de producción “buena” (estable), bonita” (con calidad) y “barata” (al menor costo), es ahora más que nunca el “meollo” de la supervivencia de los nuevos productos -**

3.2.-COMO LLEVAR A CABO LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS DENTRO DE UNA EMPRESA

Esta decisión definitivamente se verá influida por :

- a) Recursos y base tecnológica con la que cuenta la empresa.
- b) Situación del mercado.
- c) Motivación de la empresa para cubrir las necesidades del mercado sea por motivación económica, política, social, religiosa o de otra índole.

Una organización con éxito seguramente enfrenta sus capacidades a las demandas del mercado y obtiene ventajas económicas y sociales.

Graficando lo antes escrito, quedaría algo parecido a la figura 3.3 que muestra los factores que influyen en la decisión de productos a fabricar.

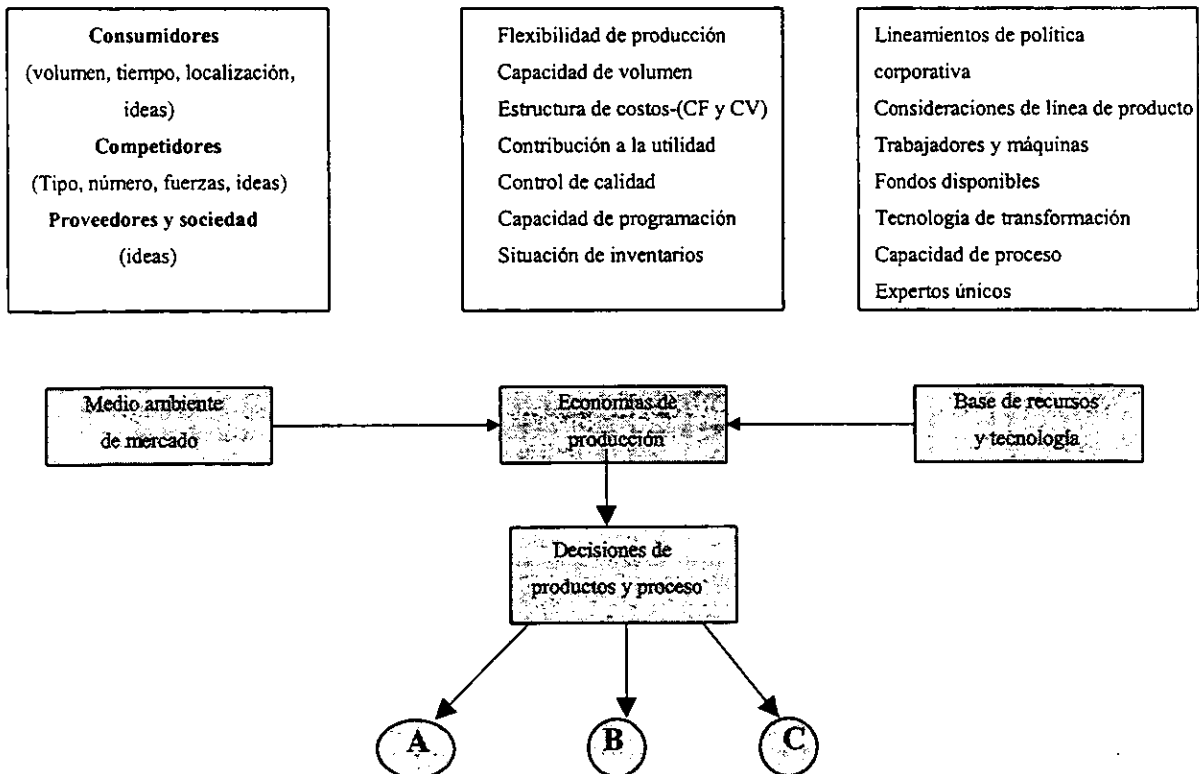


Figura 3.3.- Factores relevantes para la selección de decisiones de producto

3.3.-TÉCNICAS MATEMÁTICAS PARA DECIDIR SOBRE LA MEZCLA DE PRODUCTOS

Además de resolver el problema de cual debe ser la mezcla ideal de productos para una fábrica o para una línea de producción, el proyectista tendrá que salvar otros problemas parecidos tales como : ¿Cuales serán las materias primas a utilizarse en función de sus costos ? ¿Qué procesos son los idóneos para la elaboración de un producto ?, Presupuestos de capital, balanceo de línea, planeación y programación, etc.

Existe una técnica matemática para la solución de dichos problemas, y se le conoce como Programación Lineal (PL).

En este capítulo se estudian solamente 2 métodos de programación lineal :

- a) **Método Gráfico y**
- b) **Método Simplex.**

3.3.1.-METODO GRAFICO :

La programación lineal es una técnica matemática útil para aprovechar al máximo, o reducir al mínimo posible una función lineal objetiva sujeta a restricciones lineales. De antemano presupone lo siguiente :

- a) Que los valores de costos e ingresos son conocidos (certidumbre)
- b) Que las utilidades de varias actividades son aditivas (aditividad)
- c) Que no se tienen valores negativos de producción (no negatividad).

Cualquier problema de programación lineal deberá expresarse en términos de una sola función objetivo lineal que especifique el beneficio o costo asociado con cada variable de decisión.

Por ejemplo, si la utilidad (Z) de una variable de decisión X1 (vestidos casuales) es \$40.00 y de X2 (vestidos de noche) es de \$90.00, entonces, la función objetivo lineal pudiera ser : maximizar $Z = \$40 X_1 + 90 X_2$.

Las restricciones solo expresan las limitaciones a las que se enfrenta el proyectista o los propietarios de una compañía para obtener los productos finales. Dichas restricciones deberán poder establecerse como :

Menor igual que (\leq) una cantidad específica.

Igual que ($=$) una cantidad específica.

Mayor igual que (\geq) una cantidad específica.

Siguiendo con el ejemplo de la alta costura, las restricciones pueden plantearse de la siguiente manera :

Si elaborar un vestido casual (X1) toma 30 minutos, y hacer un vestido de noche (X2) toma 60 minutos, es lógico pensar que el número de vestidos casuales y de noche pueden terminarse, estará determinado por el número de minutos disponibles en una línea de producción. Para el ejemplo, supóngase que son 2,400 los minutos disponibles.

Luego entonces, la ecuación lineal resultante que restringe el tiempo de ensamble queda así :

$$30X_1 + 60 X_2 \leq 2,400$$

Pudieran buscarse otras restricciones que apliquen para ese mismo ejemplo y formularlas de manera parecida.

Al tomarlas todas juntas y graficarlas, forman un área dentro de la cual se encuentran todas las posibles combinaciones de solución.

La solución óptima resultante de la mejor mezcla de variables, dependerá de los criterios (beneficios o costos) expresados en la función objetivo, pero es seguro que al graficar las restricciones en "X" y "Y", la solución óptima siempre será en algún punto de cruce de las líneas que representan dichas restricciones o dicho de otra forma, en alguna esquina de la región posible de soluciones.

3.3.1.1.-PASOS PARA LA SOLUCIÓN DEL MÉTODO GRÁFICO DE PROGRAMACIÓN LINEAL (PL) :

- 1) **Formular el problema en términos de una función objetivo lineal y de restricciones lineales**
- 2) **Elaborar una gráfica con una variable de decisión en cada eje, luego gráfica las restricciones, las cuales definirán la región factible de soluciones.**
- 3) **Formar el polígono de soluciones factibles y determinar sus coordenadas.**
- 4) **Trasladar los valores de las coordenadas de polígono de soluciones a la función objetivo.**

Ejemplo :

1) Un productor de artículos electrónicos tiene distribuidores que pueden aceptar remesas de calculadoras y radios antes de la época navideña. Los radios contribuyen con \$10.00 por unidad y las calculadoras con \$15.00 por unidad a las utilidades. Ambos usan piezas comunes, por ejemplo, los radios requieren de 4 diodos y 4 resistencias, la calculadora requiere de 10 diodos y 2 resistencias.

Para probarse al 100%, los radios requieren de 12.0 minutos y las calculadoras de 9.6 minutos en las máquinas de pruebas de la compañía. Se tiene un tiempo disponible para pruebas de 160 hrs. En inventario se dispone de 8,000 diodos y 3,000 resistencias. **¿Cual es la mezcla de productos que deben seleccionarse para obtener la mayor utilidad ?**

Las variables de decisión son $R = \text{Radios}$ y $C = \text{Calculadoras}$, y se pide encontrar cuantas unidades deberán producirse de cada aparato para maximizar Z .

Metodología de la solución :

a) La función objetivo es $\text{Max } Z = \$10 R + \$15 C$

Además existen dos variables de decisión que terminan produciéndose : calculadoras y radios, así pues, en este método, se establece que el número de variables en la solución será siempre igual al número de restricciones explícitas que son agotadas.

b) Las restricciones son :

Se dispone de 8, diodos : 4 por radio y 10 por
calculadora.
 $4 R + 10 C \leq 8,000$

Resistencias : 3,000 disponibles Radios (4 resistencias por
 unidad)
 Calculadoras (2 resistencias
 por unidad)
 $4 R + 2 C \leq 3,000$

Prueba 9,600 minutos disponibles Radios requieren 12 minutos,
 Calculadoras 9.6 minutos.
 $12.0 R + 9.6 C \leq 9,600$

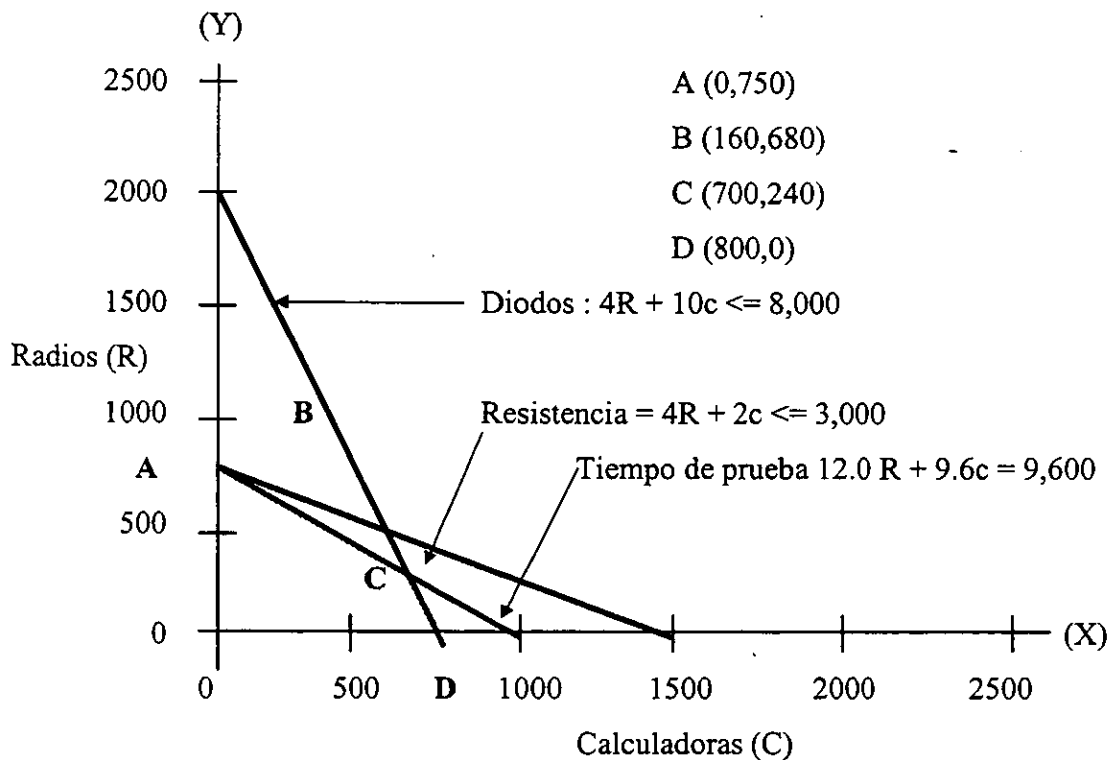
- c) Para graficar las ecuaciones anteriores en los ejes coordenados (Y, X), los que para este ejemplo son R y C respectivamente, hay que resolverlos de la siguiente manera :

Diodos : $4 R + 10 C \leq 8,000$
 Si $R = 0$ $C = 800$
 Si $C = 0$ $R = 2,000$

Resistencias : $4 R + 2 C \leq 3,000$
 Si $R = 0$ $C = 1,500$
 Si $C = 0$ $R = 750$

Prueba : $12.0 R + 9.6 C \leq 9,600$
 Si $R = 0$ $C = 1,000$
 Si $C = 0$ $R = 800$

Llevando estos valores a la gráfica se obtiene un polígono irregular cuyos vértices se encuentran en las coordenadas donde se cruzan las líneas de las restricciones. Los vértices y sus coordenadas son :



Sustituyendo los valores de cada vértice en la ecuación de la función donde encontraremos la combinación de radios y calculadoras que reditúa mayor utilidad.

para A $--> Z = 10 (0) + 15 (750) = 0 + 11,250 = 11,250$

para B $--> Z = 10 (160) + 15 (680) = 1,600 + 10,200 = 11,800$

para C $--> Z = 10 (700) + 15 (240) = 7,000 + 3,600 = 10,600$

para D $--> Z = 10 (800) + 15 (0) = 8,000 + 0 = 8,000$

por lo tanto la mayor utilidad se logra produciendo : 160 calculadoras y 680 radios.

El método gráfico de programación lineal indica la sensibilidad de la solución a posibles cambios en las restricciones. Para continuar con el ejemplo anterior : supóngase que se compran los diodos necesarios para fabricar 1,000 calculadoras a otro proveedor distinto, siendo así, en la gráfica la línea ISO- Objetivo se extendería hasta 1,000 en el eje (X) calculadoras. Si los diodos se compran al mismo precio, es decir, no hay variación en

los costos de fabricación, entonces se estaría maximizando el beneficio al producirse 1,000 calculadoras y 0 radios, teniéndose solo una variable explícita agotada (tiempo) y sólo una variable de decisión (calculadoras) en la solución final.

3.3.2.-METODO SIMPLEX

Normalmente los problemas de programación lineal tienen más de 2 variables y varias restricciones por lo que se resuelven más fácilmente usando el método Simplex. Este es un método repetitivo que poco a poco permite lograr la solución ideal de los problemas de PL (Programación Lineal).

Hoy en día las computadoras personales permiten agilizar la solución de este tipo de problemas con programas de cómputo comerciales.

3.3.2.1.-Procedimiento de ejecución del método Simplex de PL.

- 1.- **Establecer la tabla inicial de Simplex:** Formular la función objetivo y las restricciones e introducir las variables de decisión, variables en solución (LD), contribución de la variable (C), costo de introducir la variable (Z) y por último contribución neta de la variable (C-Z).
- 2.- **Selecciónese la columna pivote:** Será aquella con el número positivo más grande en el renglón inferior (C - Z). Esta se convierte en la nueva variable de solución.
- 3.- **Selecciónese la columna pivote:** Este es el renglón con la razón más pequeña del valor en solución (LD), dividido por el valor de la columna pivote. Usense sólo números positivos. Esto identifica la variable que deja la solución.
- 4.- **Enciérrese en un círculo el elemento pivote,** el cual será aquel donde se intercepten el renglón y la columna pivote.

- 5) **Conviértase el elemento pivote en un 1** dividiendo cada valor del renglón pivote entre el valor pivote. El renglón resultante, colocarlo en una nueva tabla.
- 6) **Genérense los demás renglones de la nueva tabla** con ceros en la columna pivote. Se logra, multiplicando el renglón resultante del paso 5, por el negativo del elemento en la columna pivote. El resultado debe sumarse al antiguo renglón. Introduzca este renglón revisado en la nueva tabla, y proceda de la misma manera para cada renglón de la sección central de la tabla.
- 7) **Prueba de optimización:** Calcúlense los valores del costo de introducir la variable (Z) y los valores de la contribución neta de la variable (C - Z). Los valores de (Z) de cada columna son (elementos de la columna) (C). Si todos los valores de $C - Z \leq 0$, entonces la solución es óptima. Léanse los valores de las variables en la solución de la columna de LD y el valor de la función objetivo del renglón "Z" en la columna de LD, si se encuentra que la solución no es la óptima, retornar al paso 2.

Ejemplo:

Una empresa jabonera produce 2 tipos de detergentes : "ROMA" y "AJAX". A cada lote de "ROMA" le gana \$30.00 y al de "AJAX" le gana \$90.00. Los dos productos se procesan en dos máquinas "M1" y "M2", donde "ROMA" requiere 4 horas en "M1" y 8 horas en "M2", "AJAX" requiere 6 horas en "M1" y en "M2". Ambos productos se venden muy bien, pero su producción esta limitada por las capacidades semanales de "M1" que es 12 hrs./semana y "M2" de 16 hrs./semana. Siendo así **¿Cuántos lotes de cada detergente deberán producirse para alcanzar una utilidad óptima Z ?**

Para iniciar la solución del problema, es imperativo plantear la función objetivo y ecuaciones de restricción. En soluciones no computarizadas, será obligado construir la tabla del Simplex, estableciendo las restricciones como igualdades.

Cuando los problemas son de maximización, se añaden variables de holgura (S) a cada restricción. La holgura representa una cantidad que no se utiliza o también se define como la diferencia resultante entre lo que es usado y el límite de lo que puede usarse.

Para este ejemplo "S1" se relacionará con la restricción de la máquina "M1" y "S2" con la restricción de la máquina "M2". (Nota: En adelante ROMA=X y Ajax = Y)

Restricción	Desigualdad	Ecuación con holgura
Máquina "M1"	$4X + 6Y \leq 12$	$4X + 6Y + S1 = 12$
Máquina "M2"	$8X + 4Y \leq 16$	$8X + 4Y + S2 = 16$

Suponiendo que una (1) unidad de X (ROMA) y una (1) de Y (AJAX) son producidas, el tiempo de holgura "S1" será igual a dos (2) dado que :

$$4(1) + 6(1) + 2 = 12 \quad \text{por lo tanto} \quad \boxed{S1 = 2 \text{ horas}}$$

Si no se produce nada del producto X (ROMA) y tampoco del Y (AJAX), entonces :

$$4(0) + 6(0) + S1 = 12 \quad \text{por lo tanto} \quad \boxed{S1 = 12 \text{ horas}}$$

El método Simplex, siempre comienza con una solución factible dentro de la cual solo se produce holgura, en la solución gráfica, esto sería equivalente al origen donde X (ROMA) y Y (AJAX) , son iguales a cero.

Solución Inicial :

Cada tabla del Simplex, es una solución que gráficamente corresponde a una esquina de la región factible. Se inicia con una solución inexacta, pero factible correspondiente al origen donde solo se produce holgura pero ninguna utilidad. Siendo así las variables de holgura, "S1" y "S2" están en la solución y las otras variables de decisión "X" y "Y", no están en la solución o tienen valores de cero.

Elaborando entonces la tabla del Simplex para este ejemplo :

Función Objetivo :	Max $Z = 30 X + 90 Y$
---------------------------	---

Restricciones : horas en máquina "M1" : $4X + 6Y \leq 12$
 horas en máquina "M2" : $8X + 4Y \leq 16$

Entonces elaborando la tabla inicial del Simplex resulta :

Tabla 3.2

C →						
↓	Variables de Solución	30	9	0	0	Variables de solución (LD)
		Variables de decisión				
		X	Y	S1	S2	
	0 S1	4	6	1	0	12
	0 S2	8	4	0	1	16
	Z	0	0	0	0	0
	C-Z	30	9	0	0	0

Elementos de la tabla :

La parte central de la tabla Simplex consta de **los coeficientes de las restricciones**, (para este ejemplo) :

$$4X + 6Y + 1 S1 + 0 S2 = 12$$

$$8X + 4Y + 0 S1 + 1 S2 = 16$$

Se le asigna 1 a la variable de holgura asociada con su propia restricción y un cero (0) a la otra variable de holgura.

Del lado izquierdo de la tabla se muestran las variables que están en la solución, para este ejemplo, sólo son las de holgura.

La columna de la derecha, indica las cantidades de solución para este caso son 12 y 16.

La "C" de la izquierda extrema, especifica la cantidad de contribución a la función objetivo de cada unidad de las variables a que se refiere. Así , "X" en este ejemplo, contribuye con \$30.00 y "Y" lo hace con \$90.00. El tiempo de holgura de las máquinas "A" y "B" proporciona \$0.00 de contribución tanto de "S1" como de "S2".

El renglón "Z" muestra el costo de oportunidad, o la cantidad de contribución que debe ser producida o introducida por unidad o unidad extra de la variable en cada columna. El modo de calcularlo es multiplicando los elementos de cada columna C y sumándolos después. Entonces el valor de "Z" para la columna "X" será :

$$Z = (4 \times 0) + (8 \times 0) = 0$$

La ecuación anterior significa que para introducir una unidad de "ROMA" detergente en la solución, deben darse 4 horas de tiempo de holgura en la máquina "A" con un costo de \$0.00 y 8 horas de holgura en la máquina "B", con un costo de \$0.00.

El valor de "Z" para la columna de LD, representa la contribución total de las variables en la solución. Debido a que esta solución inicial es producir 12 horas de holgura en la máquina "A", con \$0.00 de contribución y 16 horas de holgura en la máquina "B", con \$0.00 de contribución, la utilidad total de esta solución inicial es cero.

El renglón de "Z" en la solución inicial siempre tiene ceros, pero cambia al progresar la solución.

Los valores del renglón inferior C-Z representan la contribución neta de introducir una unidad de la columna variable en la solución. En la tabla de la solución inicial aparecen solo los coeficientes de la función objetivo, seguidos por ceros en las columnas de las variables de holgura, es decir, se puede incrementar el valor de la función objetivo en un total de \$30.00 por unidad de "X" producida y en \$90.00 por unidad de "Y" producida y ya que la holgura no tiene ningún valor, deben introducirse "X" ó "Y" en esta etapa. Cabe mencionar que produciendo más holgura, no se incrementan las utilidades.

Metodología del cálculo :

En los problemas de maximización, se hace necesario seleccionar una columna y un renglón pivotes y revisar los valores de la tabla, hasta que en el renglón inferior, sean menores o iguales que cero.

Utilizando uno a uno los pasos del procedimiento Simplex para el ejemplo de los dos detergentes , X (ROMA) y Y (AJAX):

1) Definir la función objetivo y las restricciones .

$$\text{Max } Z = \$30X + \$90 Y$$

$$\text{Sujeto a : } 4X + 6Y + 1S1 + 0S2 = 12$$

$$8X + 4Y + 1S2 + 1S2 = 16$$

Resultando la siguiente tabla Simplex, que ya se había revisado :

C → ↓ Variables de Solución.		Variables de decisión				Valores de Solución. (LD)
		X	Y	S1	S2	
0	S1	4	6	1	0	12
0	S2	8	4	0	0	16
	Z	0	0	0	0	0
	C-Z	3	9	0	0	0

2) La columna pivote es la que tiene el número positivo más grande (90) en el renglón inferior.

3) El renglón pivote es el que tiene la razón más pequeña :

$$\frac{12}{6} = 2 \quad \frac{16}{4} = 4$$

El renglón 1 es el renglón pivote.

- 4) El elemento pivote es encerrado en un círculo.
- 5) Dividir cada valor del renglón pivote 1 entre el elemento pivote (6) y colocar los valores resultantes en una nueva tabla.

	X	Y	S	S2	LD
Y	$\frac{2}{3}$	1	$\frac{1}{6}$	0	2

- 6) Genérense los otros renglones para la siguiente tabla, de tal manera que los elementos de la columna pivote, sean iguales a cero.

Comenzar con el renglón "S2", el cual tiene 4 en la columna de Y. Multiplicar el renglón del paso 5 por el negativo del valor que se desea, convertir (-4), y se suma al anterior renglón de "S2". Se multiplica el nuevo renglón por (-4), resultando :

	X	Y	S1	S2	LD
	-4 (2/3)	-4(1)	-4(1/6)	-4(0)	-4(2)

El resultado es :

-8/3	-4	-2/3	0	-8
------	----	------	---	----

Al sumarlo al renglón antiguo :

8	8	0	1	16
---	---	---	---	----

para obtener el nuevo renglón :

16/3	0	-2/3	1	8
------	---	------	---	---

Introducirlo a la nueva tabla :

C → ↓	Variables de Solución.	30	90	0	0	Variables de Solución.
	X	Y	S1	S2		=
90Y	2/3	1	1/6	0		2
0 S2	16/3	0	-2/3	1		8
Z						

Si hubiesen más renglones que convertir, repetir el paso para el siguiente renglón.
Como en el ejemplo no hay, entonces calcula Z y C-Z.

7) Los valores en el renglón Z son \sum (elementos de la columna C). Por ejemplo :

Para X : $Z = (2/3) (90) + (16/3) (0) = 180/3 + 0 = 69$

Para Y : $Z = (1) (90) + 0 (0) = 90 + 0 = 90$

Para S1 : $Z = 1/6 (90) - 2/3 (0) = 90/6 + 0 = 15$

Para S2 : $Z = 0 (90) + 1 (0) = 0$

Para LD : $2 (90) + 8 (0) = 10$

Después de introducir los valores anteriores en una nueva tabla, se tiene :

C ↓ →		Variables de Solución.	30	90	0	0	Valores de Solución. (LD)
			Variables de decisión.				
			X	Y	S1	S2	
90	X	2/3	1	1/6	0	2	
0	S2	16/3	0	-2/3	1	8	
		Z	20	90	5	0	180
			-70	0	-5	0	0

Repetir pasos del 1 al 7, si fuese necesario, hasta lograr que todos los valores del renglón inferior sean ≤ 0 , cuando esto sucede, la solución alcanzada es óptima. Las variables de solución se identifican por las columnas en el centro de la tabla que tiene (1) y el resto de los valores son ceros.

Los valores solución son datos en la columna del lado derecho.

	X	Y	S	S2	
	-	1	-	0	2
	-	0	-	1	8
Z	-	-	-	-	180

“X” = No está en la solución.

“Y” = 2 unidades.

“Z” = \$180.00.

Notar que la variable de holgura S2 asociada con la restricción 2, también tiene uno (1) y ceros (0), lo que significa que tiene holgura en la solución y que la restricción no se agotó.

De esta manera solo se tiene para este ejemplo una sola variable de decisión -sin holgura- en la solución (es “Y”); y una restricción que fue agotada (número 1).

Lo anterior prueba el teorema fundamental de la programación lineal :

“El número de variables de decisión (no holgura) de la solución siempre será igual al número de restricciones que son agotadas”.

3.2.-RESUMEN

- Un producto puede ser tangible o intangible ; es decir, puede ser un bien o un servicio. En cualquier caso, ambos satisfacen la necesidad de uno o un grupo de consumidores durante un período de tiempo a lo que se le conoce como ciclo de vida del producto.
- La formalidad en la etapa de planeación es una diferencia primordial que distingue a los bienes de los servicios. En los bienes, el lugar donde se producen están separados del consumidor, en los servicios las actividades de producción se dan en presencia del consumidor.
- Es útil conocer las distintas etapas en la vida de los productos para maximizar utilidades durante el diseño de la mezcla óptima de productos a su paso por el proceso de conversión.
- Una capacidad de producción estable, económica y con calidad influirá determinadamente en la duración de un producto en el mercado.
- Dos de las herramientas matemáticas útiles para ayudar a decidir sobre la mezcla y cantidades de dos o más productos en un sistema de conversión son :
 - **Método gráfico.**
 - **Método Simplex.**

3.3.-PREGUNTAS DEL CAPITULO

- 1) ¿Cómo se define el ciclo de vida de un producto, comercialmente hablando ?.
- 2) Mencionar tres (3) diferencias clave entre la planeación de un bien y la planeación de un servicio.
- 3) Dos de los métodos matemáticos para una selección conveniente de la mezcla de productos a procesar dentro de una organización son :
- 4) ¿De qué otro modo se le llama a la línea Iso-Utilidad dentro del método gráfico y porqué ?.
- 5) ¿Gráficamente, como se comportan las líneas de ISO-Utilidad en un problema de maximización y minimización de la función objetivo respectivamente ?.

3.4.- RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CAPITULO

1R. Es la satisfacción de necesidades de un grupo de consumidores durante un período de tiempo.

2R.

BIEN	SERVICIO
a) Producido en un medio industrial	a) Producido en un medio de mercado (Junto con el consumidor).
b) Es un bien material y físico (tangible).	b) El producto frecuentemente es intangible (algunas veces es cero
c) Frecuentemente tiende a la estandarización	c)Frecuentemente es individualizado

3R.

- **Método Gráfico.**
- **Método Simplex.**

4R. Línea de utilidades iguales, ya que en esa recta todos los puntos proporcionan la misma utilidad.

5R. En un problema de maximización la curva ISO - Utilidad se aleja inexorablemente del origen, en un problema de minimización, la curva se deberá acercar lo más posible al origen coordinado.

3.5.-BIBLIOGRAFIA

- Joseph G. Monks, "Administración de Operaciones", Serie Schawn, Editorial Mc.Graw Hill, Octubre 1987, pp. 98 - 123.
- Everett E. Adam, Jr. / Ronald J. Ebert., "Administración de la Producción y las Operaciones", Prentice Hall, cuarta edición, Julio 1995, p.p. 129 - 234.
- James L. Riggs, "Sistemas de Producción : Planeación, Análisis y Control", Limusa, quinta edición, Junio 1984, p.p. 157 - 165.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO 4

PLANEACION Y ANALISIS DE PROCESOS (SIMULACION)

4.1.-Planeación de los procesos.

Planear un proceso implica diseñar e implantar un sistema de trabajo para que se fabriquen los productos deseados en los tiempos previstos y con costos aceptables.

La planeación de procesos para transformar los bienes y servicios de mayor valor es el corazón tecnológico de una operación de producción.

4.1.1.-Objetivo del planeador de procesos :

El éxito económico que tenga un producto dentro de un mercado para la empresa que lo lanzó dependerá en gran medida del análisis previo a su fabricación dentro de lo que ya son los dominios de quién mejor conoce las máquinas o las estaciones de producción por donde se procesará el producto: el Ingeniero de Procesos .

Dicho de otra forma, el Ingeniero de Procesos deberá estudiar las necesidades del mercado (como se requiere el producto), ver que se tiene en la organización para manufacturarlo (si algo falta proponer su adquisición) de tal manera que se pueda producir con los costos más bajos y en el mejor tiempo posible para abastecer al mercado, es decir, deberá realizar un proceso eficiente y optimo en todos los aspectos.

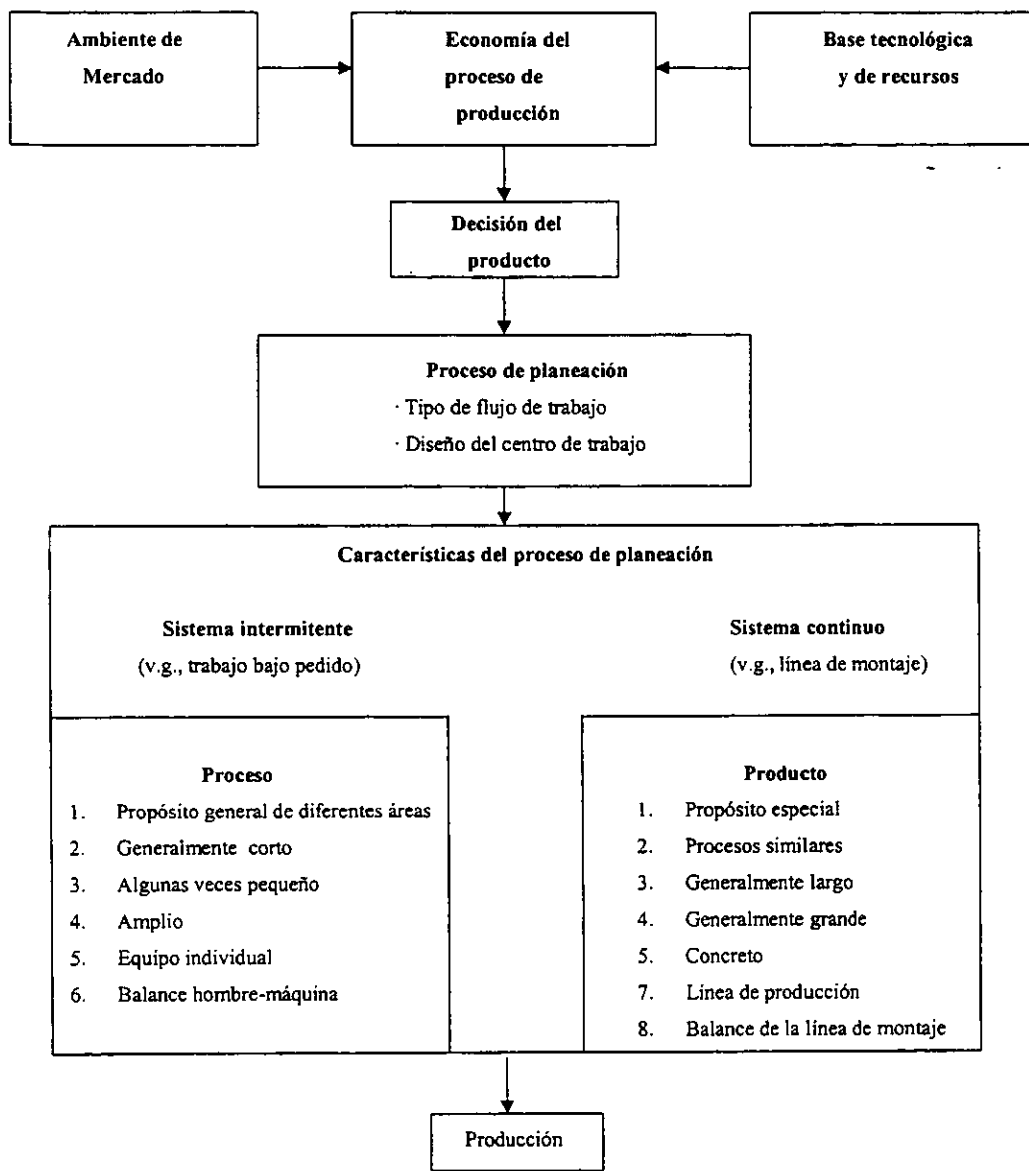


Figura 4.1 Consideraciones sobre el proceso de planeación en sistemas continuos e intermitentes.

4.1.2.-Actividades frecuentes del planeador de procesos :

Para lograr el objetivo mencionado es común que se tengan que preparar al menos dos documentos de parte del ingeniero de procesos.

a) Una descripción del producto. La cual debe incluir :

- Necesidades del material (lista de materiales).
- Uso del producto.
- Pruebas y límites de calidad.
- Empaque y requerimientos especiales de empaque y manejo.
- Forma detallada y definiciones de tamaño.
- Identificación única (normalmente el número de parte del cliente).

b) Descripción del proceso: Elaborar este documento requiere de mucha experiencia, puesto que establece los detalles, operación por operación, de los procesos para transformar las materias primas en productos terminados. La experiencia aquí es importante pues el ordenamiento de los procesos es crítico para lograr una mejor eficiencia durante la etapa de conversión del o de los productos.

La lógica necesaria para hacer una descripción del proceso se puede subdividir en cinco pasos repetitivos :

- 1) Determinar los procesos necesarios.
- 2) Agrupar los procesos por capacidad de máquina.
- 3) Ordenar los procesos dentro de un grupo.
- 4) Ordenar los grupos de proceso.
- 5) Revisar iterativamente para reducir las restricciones y la no factibilidad.

4.1.2.1.-Restricciones a considerar durante la elaboración de procesos

El encargado del análisis del proceso llega al punto donde debe considerar las necesidades del cliente y los elementos que tiene para fabricar un producto que satisfaga esas necesidades.

Luego entonces el analista del proceso debe de revisar las que de hecho pudieran ser sus restricciones en determinado punto del proceso de fabricación del producto:

- 1) La distribución de la planta
- 2) La capacidad de la maquinaria
- 3) Capacidad del herramental e instrumentos de sujeción
- 4) Superficies de referencia y sujeción
- 5) Acabados superficiales requeridos por el cliente
- 6) Seguridad de los procesos de fabricación.
- 7) Posibilidad de ahorro de recursos durante la fabricación.
- 8) Fecha comprometida de entrega del producto.

Normalmente el encargado del proceso tendrá que considerar principalmente los puntos (7) y ocho (8) ya que de no cumplirse la empresa estará perdiendo dinero y clientes futuros.

4.2.-Tipos de flujos de procesos de producción.

Durante la etapa de la planeación de procesos se requiere establecer a cual tipo de producción pertenecen los productos a manufacturarse, ya que existen diferencias claras en la información necesaria a generarse dependiendo del tipo de flujo del proceso. Los más comunes son :

- a) Artesanal
- b) Bajo pedido (intermitente)
- c) Proceso similar (líneas de ensamble).
- d) Continuo.

Cada uno de ellos está más o menos adaptado a las distintas situaciones de producto- mercado y tienen sus propias características de operación, problemas y desafíos ; como lo muestra la Tabla 4.1.

Características	ARTESANO	BAJO PEDIDO INTERMITENTE	PROCESO SIMILAR	CONTINUO MASIVO
❖ Producto o resultado final	Unico	No estandar	Estandart	Estandart
❖ Ejemplos	-investigación -construcción de puentes -fabricación de modelos	-taller con máquinas variadas -fabricación de máquinas herramientas -ingeniería en general	-embarque y recepción. -oficina -fabricación de prendas de vestir	-autos -utensilios eléctricos -refinación de petróleo
❖ Cantidad del pedido o unidades de trabajo	Pequeña (normalmente una)	Pequeña	Grande	Grande
❖ Tipo de equipo	Empleo general	Empleo general	Empleo general	Empleo general
❖ Disposición del equipo	Por proceso	Por proceso	Por producto	Por producto
❖ Equipo de materiales	Móvil	Móvil	Móvil y transportador	Transportador
❖ Material en transformación	Relativamente alto	Alto	Relativamente bajo	Bajo
❖ Nivel de capacitación	Alto	Alto	Bajo	Muy bajo
❖ Dificultad de supervisión	Muy difícil	Muy difícil	Relativamente fácil	Muy fácil

Características	ARTESANO	BAJO PEDIDO INTERMITENTE	PROCESO SIMILAR	CONTINUO MASIVO
❖ Instrucciones para el trabajo	Gran cantidad y muy detallada	Muchas y detalladas	Relativamente pocas	Muy pocas
❖ Planificación prevista	Compleja	Compleja	Relativamente fácil	Muy compleja, pero solo una vez para todas las unidades
❖ Control	Complejo	Complejo	Fácil	Muy fácil
❖ Grado de flexibilidad	Alto	Alto	Alguno	Muy poco
❖ Tiempo del ciclo	Largo	Relativamente largo	Relativamente corto	Muy corto
❖ Equilibrio de la carga de trabajo	Fácil	Fácil	Relativamente difícil	Muy difícil
❖ Costos unitarios	Muy altos	Alto	Relativamente bajos	Bajo

Fig. 4.1.-Características de los tipos de producción existentes

4.2.1.-Ciclo de vida de los procesos.

Los procesos de producción tienen ciclos de vida muy relacionados con el tipo de ciclo de vida del producto como puede verse en la figura 4.2. El costo de manufactura de los productos disminuye conforme el producto alcanza su madurez.

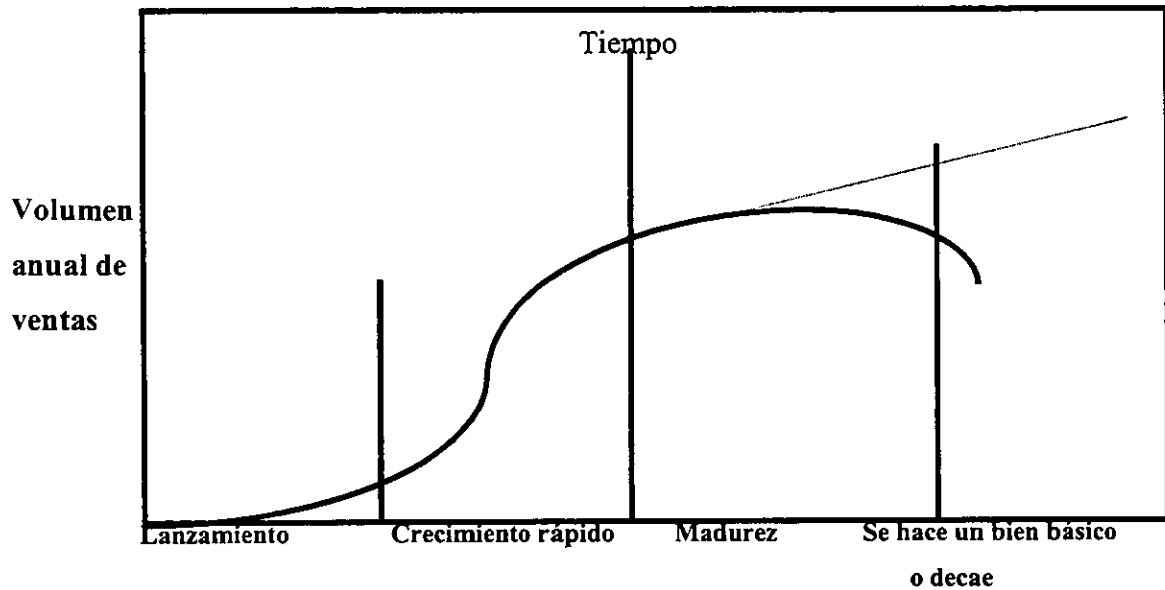


FIGURA 4.2 Ciclo de vida de los productos

En la siguiente tabla matriz (tabla 4.2) ilustra el porqué de los cambios operativos en las empresas, y es que si el producto, la competencia y los requerimientos del mercado cambian induciendo por lo tanto, cambios en equipos, procedimientos y recursos, pero si se olvida cambiar los procesos a la par de esos cambios, entonces el resultado será incompatibilidades del tipo producto-procesos y en consecuencia una desventaja competitiva.

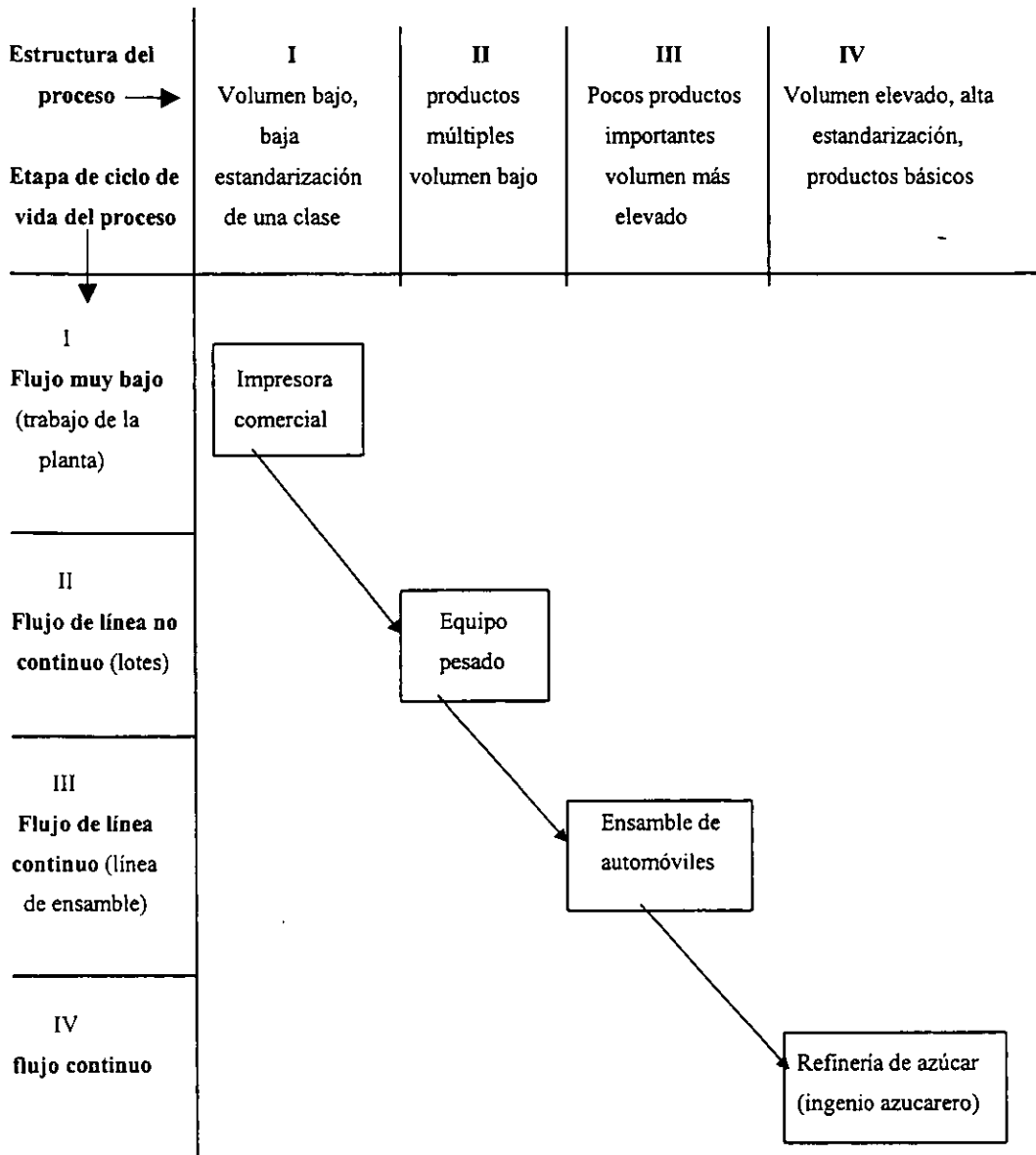


TABLA 4.2.- Combinación de las principales etapas de los ciclos de vida del producto y del proceso -matriz del producto- proceso

Esto se debe a que generalmente la organización del proceso inicia como si fuera un tipo de trabajo de planta o lotes y se desplaza hacia la organización de flujo continuo si el producto llega a ser un bien básico.

La siguiente figura(4.3) ilustra la relación existente entre un producto o una línea de productos con el proceso de manufactura. A medida que el **producto** se desplaza hacia una etapa diferente también lo hace la estructura del proceso de manufactura.

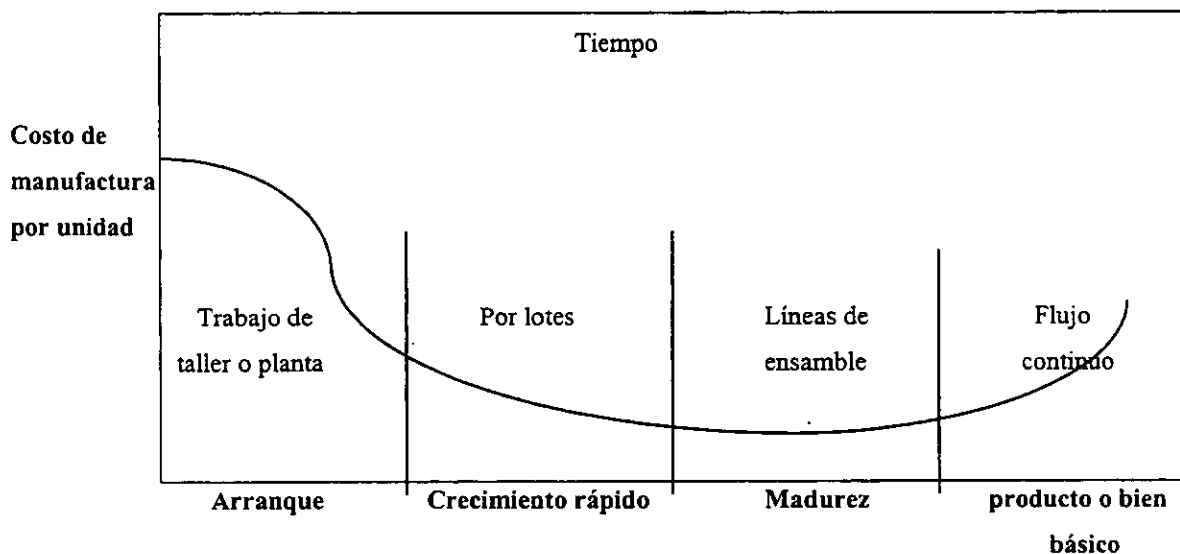


Figura 4.3.- Ciclo de vida del proceso

4.2.2.-Importancia de la relación “Producto - Proceso”.

Cuando en una primera etapa de la vida del producto la flexibilidad y la calidad en la manufactura son decisivas en las etapas finales cuenta mucho la capacidad de entrega y el costo del producto.

4.3.-Herramientas para la elaboración de procesos

Puede aseverarse que la planeación de procesos es a la vez un arte y una ciencia y aunque se dispone de técnicas y herramientas para facilitar y estandarizar dicha planeación, se requiere a la vez de bastante destreza basada, claro está, en la experiencia.

Es muy común que las empresas modernas y con un fuerte volumen de producción, adquieran sistemas y paquetes de cómputo capaces de auxiliar al procesista a desarrollar mejor las actividades de las que se habló al inicio de este capítulo, dado que son capaces de almacenar y ordenar la información que se les alimenta permitiendo ahorros considerables de tiempos de entrega de la información de procesos a los departamentos involucrados directamente en la producción o a las personas autorizadas para hacer consultas de dicha información.

- Diseño del producto.
- Hojas de ruta
- Diagrama de flujo
- Proceso del producto: máquinas, herramental requerido, tiempos de preparación y tiempos estándar de producción, etc.
- Etc., etc.

Los paquetes computacionales más conocidos son :

CAD : Auxiliar en diseño del producto, layouts de planta y en general cualquier tarea de dibujo pero ejecutada con mayor velocidad y exactitud que un dibujante.

CAM : Es la integración de la computadora a todas las instalaciones de fabricación tales como :

- a) Control de la maquinaria
- b) Control del equipo automático de manejo de materiales.

- c) Sistemas automáticos de almacenamiento y recuperación.
- d) Equipo de prueba y vigilancia.
- e) Sistemas de seguridad y calidad.
- f) Control de taller : Recopilación de datos, programación de tiempo real, vigilancia de procesos de tiempo real, etc.

Recientemente algunos autores tratan de conceptos más futuristas tales como :

FMS : Sistemas de manufactura flexibles y

CIM : Manufactura integrada por computadora.

CIM : Se centra alrededor de una base de datos de manufactura integrada por cuatro funciones principales :

- 1) Diseño de ingeniería.
- 2) Ingeniería de manufactura.
- 3) Producción en planta y
- 4) Administración de la información

Revisar la siguiente figura facilitara la comprensión de la información vertida

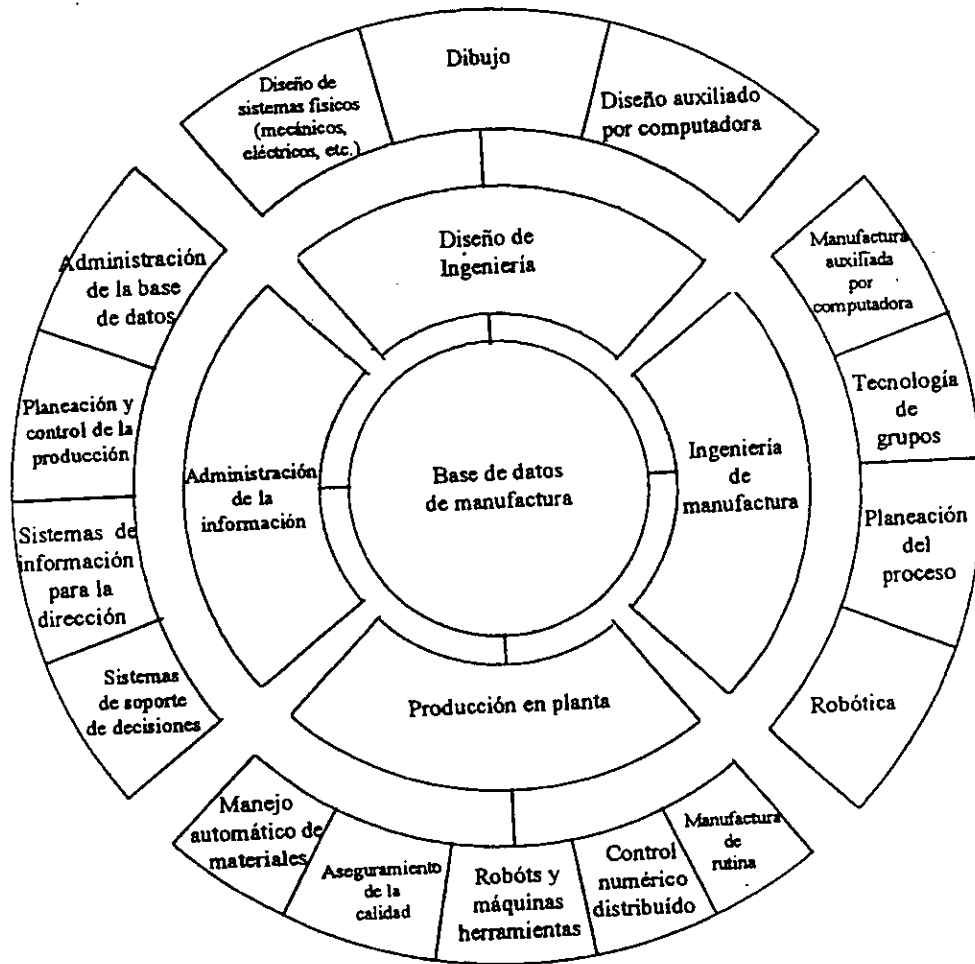


Figura 4.4.- Subfunciones de manufactura integradas por computadora

4.3.1.- Diagrama de flujo del proceso

Al igual que las gráficas de ensamble, el diagrama de flujo de procesos es una ayuda visual valiosa para la planeación y administración de los procesos de transformación : pero se diferencia de aquellas porque además utiliza los siguientes símbolos reconocidos universalmente en Ingeniería Industrial :

O Operación : Cambios intencionales en una o más características.

Inspección : Un examen para determinar la calidad o la cantidad.

⇒ Transporte : un movimiento de un objeto o un operador que no es parte integral de una operación ó inspección.

△ Demora o retraso : Una interrupción entre la acción inmediata y la acción programada siguiente.

△ Almacenamiento : Mantener un objeto bajo condiciones controladas.

◻ Combinado : Combinación de dos símbolos que indica actividades simultáneas - El símbolo que se muestra significa que se está llevando a cabo una inspección al mismo tiempo que se ejecuta una operación.

Gran parte de la importancia de estos diagramas radica en que son muy útiles para inducir al análisis iterativo del procesista preguntándose que actividades pueden ser mejoradas, cuales agrupadas, cuales simultáneas, cuales simplificadas, cuales modificadas, etc.

El siguiente es un ejemplo de cómo diagramar la secuencia de actividades de un proceso

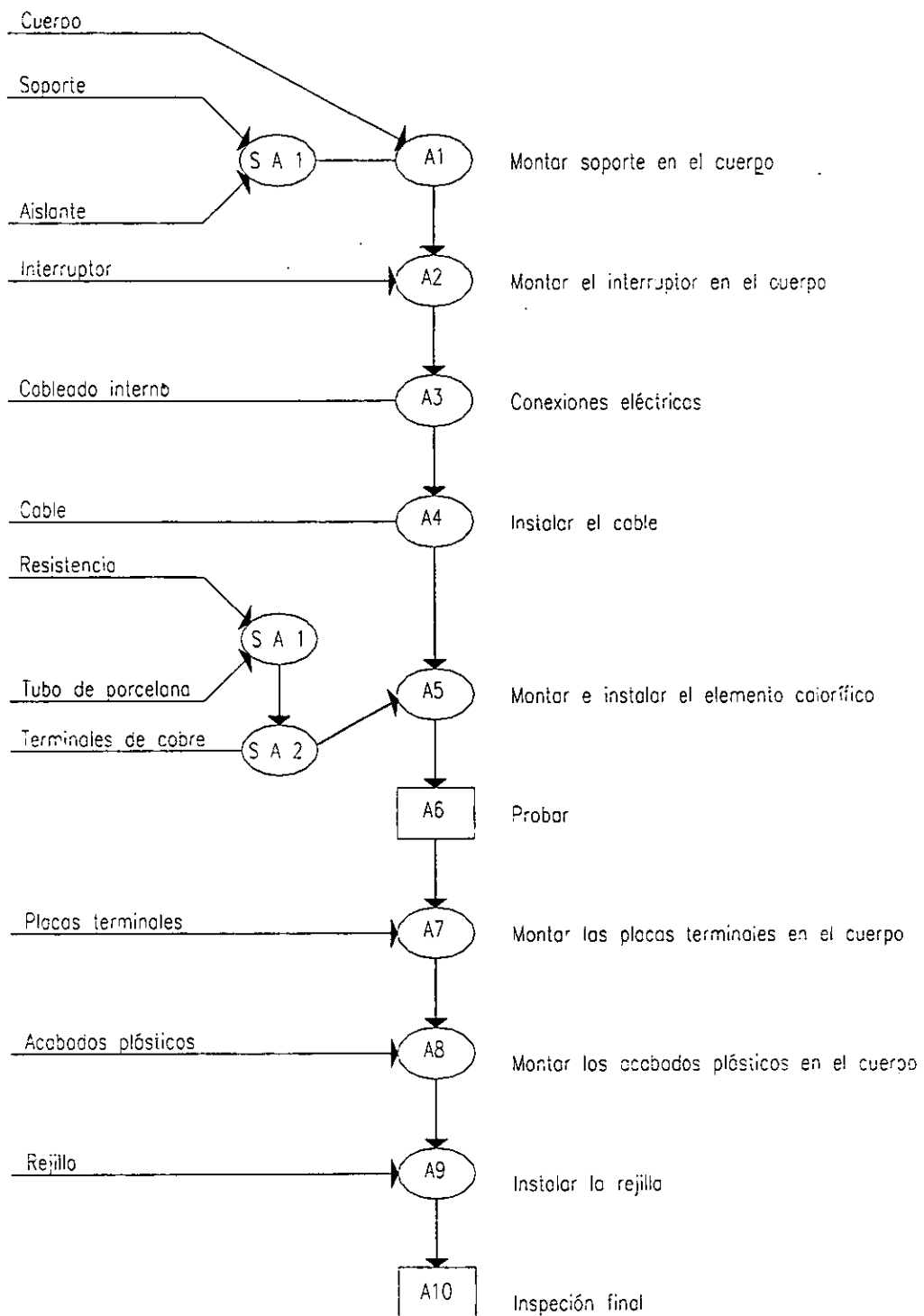


Fig.4.5 Diagrama de montaje de un calentador eléctrico

4.3.2.-Gráficas de actividades Hombre máquina.

Estas gráficas pretenden modelar las actividades simultáneas de un trabajador y la máquina que opera ayudando a identificar el tiempo ocioso de ambos y permitiendo al procesista ensayar combinaciones hombre-máquina hasta encontrar el arreglo más eficiente.

Por medio de estas gráficas se determina por ejemplo, cual es el tiempo necesario para terminar las tareas que componen un ciclo de trabajo. Una condición es que la gráfica debe continuar lo suficiente después del tiempo de arranque para alcanzar un tiempo de equilibrio de ciclo.

Ejemplo :

A un operador de moldeo de una fundidora de acero le toma dos minutos cargar y un minuto descargar su máquina. La línea de producción tiene varias máquinas idénticas. Su tiempo de corrida es de cuatro minutos. El costo del operador es de \$5.00 la hora y el de las máquinas es de \$17.00 por hora.

a) Constrúyase una gráfica hombre - máquina para determinar la situación más eficiente de un hombre y dos máquinas.

R. Si el operador empieza descargando máquina "1", el ciclo no alcanza un estado estable eficiente sino hasta el noveno minuto de acuerdo con la tabla 4.3

Trabajador	Máquina 1	Máquina 2
Carga 1	Carga	Ocioso
Carga 2	Corrida	Carga
Ocioso		Corrida
Descarga 1	Descarga	
Carga 1	Carga	Ocioso
Descarga 2	Corrida	Descarga
Carga 2		Carga
Ocioso		
Descarga 1	Descarga	Corrida
Carga 1	Carga	
Descarga 2	Corrida	Descarga
Carga 2		Carga
Ocioso		Corrida

TABLA 4.3. Gráfica hombre- máquina

b) ¿Cuál es el ciclo de tiempo ?

R. $CT = 7$ minutos.

c) ¿Cuál es el tiempo ocioso del trabajador por cada ciclo ?

R. El trabajador permanece ocioso un minuto por cada ciclo.

d) ¿Cuál es el tiempo ocioso total para ambas máquinas ?

R. Las máquinas no están ociosas, es una operación de estado estable.

e) ¿Cuál es el costo total por hora ?

R. $\text{Costo} = \text{Costo por trabajador} + 2 (\text{costo cada máquina})$
 $= 5 + 2 (7) = \$39.00 / \text{hora} = \$39.00 / 60 \text{ minutos.}$

f) ¿Cuál es el costo total por ciclo ?

R. $\text{Costo por ciclo} = \$39.00/60 \text{ minutos} (7 \text{ minutos/ciclo}) = \4.55 por ciclo.

g) ¿Cuál es el costo del tiempo ocioso por hora ?

R. $\text{Costo por tiempo ocioso por hora} = \text{un minuto/ciclo} (60\text{min./hora}) /$
 $(7\text{min./ciclo}) \$5.00/60 \text{ min.} = \$0.71/\text{hora}$

4.3.3.-Selección de equipo (punto crítico de maquinaria a ser usada).

Se mencionó al principio del capítulo que parte de las decisiones que el encargado del proceso debe tomar son todas aquellas en las que se logre poco, o mejor un gran ahorro, tales como la selección del equipo para satisfacer los requerimientos del área productiva.

Si para producir un bien se conocen los costos fijos y variables de las máquinas o estaciones de trabajo que lo pueden manufacturar, entonces la alternativa más económica será aquella que sume los costos más bajos y que alcance los volúmenes de producción deseados.

Ejemplo :

Una flecha de transmisión puede ser torneada en alguna de las siguientes máquinas de acuerdo con la siguiente tabla de costos.

	T -Z1	T- Z2	T -Z3
Costo fijo de arranque	\$50.00	\$100.00	\$300.00
Costo variable por unidad	3	2	1

¿Cuáles máquinas deben ser usadas para producir 800 unidades ?.

Solución :

$$\begin{aligned} \text{Para 800 unidades :} \quad \text{CT} &= \text{CF} - \text{CV (Q)} \\ \text{CT}_{\text{T-Z-1}} &= 50 + 3 (800) = 2450 \\ \text{CT}_{\text{T-Z-2}} &= 100 + 2 (800) = 1700 \\ \text{CT}_{\text{T-Z-3}} &= 300 + 1 (800) = 1100 \end{aligned}$$

4.4.-Simulación de Operaciones

Cuando se dificulta la aplicación de matemáticas puras en la solución de problemas, algunas veces los analistas construyen un modelo del problema y utilizan un enfoque de prueba y error para solucionar adecuadamente ese problema.

Simular es modelar lo esencial de una actividad en un lapso de tiempo evaluando el comportamiento del sistema

Lo anterior no quiere decir que simular sea lo mismo que utilizar una técnica de optimización (como la programación lineal), pero si permite la toma de decisiones que no alcanzan con las matemáticas comunes. La computadora sigue siendo una buena herramienta de auxilio para el procesista, quien por cierto no pretende reproducir la realidad en todos sus aspectos, ya que solo son incluidas las variables relevantes del problema que se estudia.

En la figura 4.6 se muestran los pasos del proceso o simulación.

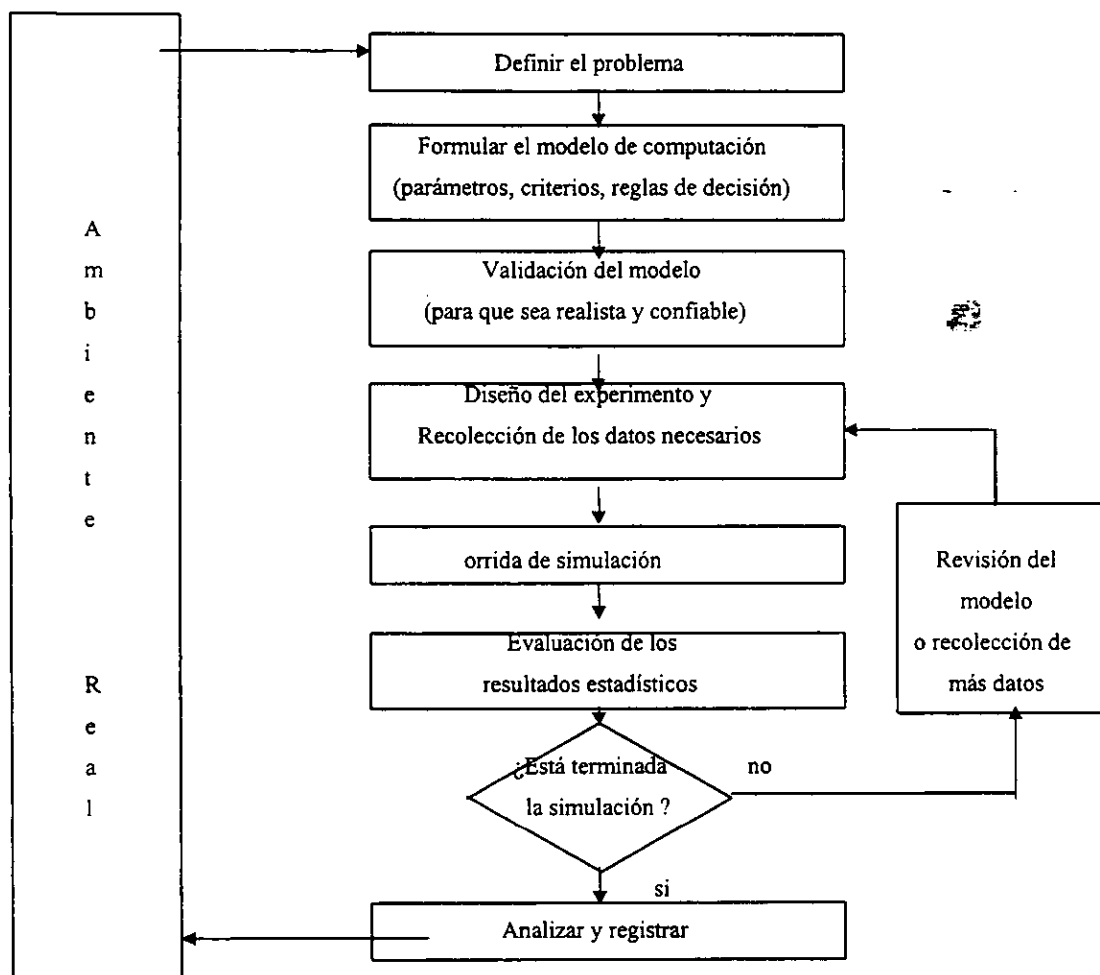


Fig.4.6.-Pasos del proceso de simulación

A continuación se describen algunas ventajas del uso de la simulación en la solución de problemas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Facilidad para comprender sistemas complejos	No sugieren una metodología de solución
Aplicaciones a problemas que desafían una solución matemática	No se aplica a problemas determinísticos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Ausencia de riesgo o interrupción experimental del sistema actual.	No siempre proporcionan una solución óptima
Reducción del tiempo necesario para que se manifiesten efectos de largo plazo	Requiere experiencia para la construcción de modelos complejos
Menos costoso que la experimentación con la realidad	Usa mano de obra costosa y tiempo de computadora

Tabla 4.4 Ventajas y Desventajas del uso de la simulación en la solución de problemas.

4.4.1.-Simulación Montecarlo mediante datos empíricos.

Es común que varias de las actividades de producción : planeación de procesos, mantenimiento, programación, etc., se vean influidas por variables de incertidumbre tales como trabajos variables, fallas en los equipos y demanda variable en la producción respectivamente.

Precisamente a la simulación de actividades muertas que implican un proceso estocástico de muestreo se le conoce como métodos Montecarlo ; cuyo nombre es originado por posibles generadores de números al azar : una moneda que se tira al aire, un dado que se arroja, el corte de una bajara, la bola que gira en una ruleta, etc.

Trabajar con simulaciones Montecarlo implica usar observaciones aleatorias de una distribución de probabilidad (números aleatorios) para duplicar el patrón de variabilidad del sistema que se estudia.

Los siguiente cinco pasos podrían, por ejemplo, simular la actividad de una estación de soldadura :

- 1) Recolectar datos reales (empíricos) sobre la distribución de los tiempos de soldadura (o cálculos aproximados de ellos en una actividad piloto).
- 2) Desarrollar una distribución de probabilidad y una distribución de probabilidad acumulada.
- 3) Asignar un interpolador de números aleatorios a cada clase de distribución (también la distribución acumulada puede ser graficada mostrando las frecuencias relativas al eje vertical).
- 4) Usando números aleatorios (NA), derivar los tiempos de armado simulados.
- 5) Interpretar los resultados. (puede ser tal vez, el efecto que tiene una estación de trabajo sobre la siguiente estación de trabajo).

Ejemplo :

El encargado de planear el proceso para producir un nuevo fertilizante, desea simular una demanda de materia prima para planear adecuadamente el manejo de materiales y las instalaciones de almacenamiento. Basado en otro producto introducido antes, él ha desarrollado una distribución de frecuencia de la demanda en toneladas por día para un período de dos meses. Usando los datos colectados por el procesista y relacionados en la tabla 4.5 simúlese los requerimientos de materia prima en siete días.

Demanda X (Ton/Día)	Frecuencia (Número de días)
11	18
10	6
12	15
12	12
14	6
15	3
	Sumatoria 60 días (2 meses)

Tabla 4.5. Simulación de requerimientos de materia prima.

Metodología de solución:

- 1).- Los datos están dados en frecuencias.
- 2).- Para formular la distribución de probabilidad deberá dividirse cada frecuencia entre el total , luego, formular una distribución de probabilidad acumulada, sumando los valores sucesivos de probabilidad como se muestra en la tabla 4.6.

Demanda (Ton/Día)	Frecuencia (No. de días)	Probabilidad P (X)	Probabilidad acumulada
10	6	$6/60 = 0.10$	0.10
11	18	$18/60 = 0.30$	0.40
12	15	$15/60 = 0.25$	0.65
13	12	$12/60 = 0.20$	0.85
14	6	$6/60 = 0.10$	0.95
15	3	$3/60 = 0.05$	1.00

Tabla 4.6.-Probabilidad acumulada para una cierta demanda

3).- Asignar intervalos de números aleatorios para que el número de valores disponibles en cada clase corresponda a la probabilidad.

En este ejemplo, al usar 100 números de 2 dígitos (00-99), se asigna 10% (00-09) a la primera clase, 30% (10-39) a la segunda clase y así sucesivamente como se muestra en la tabla 4.7.

Demanda (ton/día)	Probabilidad P(X)	Números aleatorios correspondientes
10	.10	00-09
11	.30	10-39
12	.25	40-64
13	.20	65-84
14	.10	85-94
15	.05	95-99

Tabla 4.7.-Tabla de números aleatorios y su probabilidad correspondiente

4).- Se obtienen luego los números aleatorios (NA) de alguna columna de tabla de números aleatorios. Esta elección es por conveniencia del procesista.

Para este ejemplo dichos números son :

27	13	80	10	54	60	49
----	----	----	----	----	----	----

Así el primer número aleatorio (27) cabe en la segunda clase de distribución y corresponde a una demanda de 11 toneladas por día. Como se ve en la tabla 4.8

Número aleatorio	27	13	80	10	54	60	49
Demanda simulada	11	11	13	11	12	12	12

Tabla 4.8.-Simulación de la demanda en función de números aleatorios elegidos

5).- La demanda (X) de esta simulación es de 11.7 Ton., y una desviación estándar de 0.76 tons. El valor esperado de la distribución de probabilidad empírica es $e(X) = \sum XP(X) = 12.05$ tons. Lo que sugiere que la muestra de solo 7 días (períodos) es muy pequeña y se debe simular este problema con una muestra mayor antes de tomar decisiones con los resultados hasta aquí obtenidos.

4.5.-RESUMEN

- Planear el proceso de fabricación de un producto implica diseñar e implantar un sistema de trabajo bajo el cual se fabriquen los productos deseados en los tiempos previstos y con los costos aceptables.
- La etapa de diseño del producto es anterior a la del diseño del proceso, sin embargo es conveniente que el procesista esté involucrado desde el nacimiento de un nuevo producto.
- Dos de las mayores responsabilidades del procesista son :
 - a) Diseñar un proceso económico.
 - b) Diseñar un proceso dinámico, simple, seguro, etc., que permita junto con la producción que ya se tiene en proceso entregar en tiempo al cliente final.
- Los tipos de procesos de producción más reconocidos y por lo que la gran mayoría de productos son convertidos son :
 - a) Producción artesanal (única)
 - b) Producción bajo pedido (intermitente)
 - c) Proceso similar (líneas de ensamble)
 - d) Producción continua.
- Los ciclos de vida de los productos están muy ligados con los ciclos de vida de producción.
- Además de contar con varios paquetes de cómputo para auxiliarse en la elaboración de procesos ; el procesista debe usar : diagramas de flujo, gráfica de actividades hombre - máquina, análisis de una correcta selección de maquinaria y como una última opción, después de las técnicas matemáticas tiene la simulación de operaciones y dentro de ella la simulación “Montecarlo” mediante datos empíricos.

4.6.-PREGUNTAS DEL CAPITULO

- 1.- ¿Cuál debe ser el objetivo del personal encargado de planear los procesos en una planta productiva ?.
- 2.- Existe una lógica hasta cierto punto muy necesaria para el planeador de procesos cuando ejecuta su trabajo. Relacione estos pasos :
- 3.- Dentro de las consideraciones más importantes que el procesista debe tomar en cuenta, existen dos que son más relevantes, menciónelas :
- 4.- ¿Cuáles son los tipos de flujo de procesos de producción más comunes en el mundo industrial y de la transformación?.
- 5.- ¿Qué se logra al realizar las gráficas de actividades hombre-maquina ?.
- 6.- La compañía de venta de generadores IEQSA, se compromete a enviar a un técnico en cualquier momento que se requiera a quien le haya comprado un generador. A fin de contar con un equipo de mantenimiento disponible, el gerente de la empresa ha colectado solicitudes de servicio durante un período de 200 días de acuerdo con la Tabla 4.8

6 a.-) Simúlense las solicitudes de servicio para un período de una semana (siete días) usando números aleatorios aplicados a una distribución acumulada.

No. De solicitudes de servicio	0	1	2	3	4	5	6
Frecuencia	30	40	60	44	20	5	0

Tabla 4.8.- Núm. De solicitudes de servicio recabadas durante 200 días

- 7.- Para un nuevo proceso de elaboración de un tubo de escape se requiere de las siguientes actividades mostradas en la tabla 4.9

Tabla 4.9.-Operaciones para elaborar un tubo de gases de escape para automóvil

Número	Clasificación	Tiempo
1	Inspeccionar microalambre	2 min
2	Inspeccionar tuerca sensor	2 min.
3	Inspeccionar brida	2 min.
4	Inspeccionar gancho	3 min.
5	Inspeccionar localizador	2 min.
6	Inspeccionar Tubo recto	5 min.
7	Doblar tubo e inspeccionar	3 min.
8	Avellanar e inspeccionar	0.5 min.
9	Formar aplastón	0.5 min.
10	Barrenar y ensamblar brida	1 min.
11	Soldar tuerca para sensor	2 min.
12	Soldar localizador e inspeccionar	2 min.
13	Armar y soldar	3 min.
14	Machuelear e inspeccionar	3 min.
15	Inspeccionar, etiquetar y acomodar en contenedor.	1 min.
16	Inspección antes de embarque	1 min.

Mostrar dichas actividades en forma de diagrama de flujo.

4.7.-RESPUESTAS A PREGUNTAS DEL CAPITULO

- 1R.** Diseñar e implantar un sistema de trabajo para que se fabriquen los productos deseados en los tiempos previstos y los costos aceptables.
- 2R.**
- Determinación de los procesos necesarios.
 - Agrupar los procesos por capacidad de máquina.
 - Ordenar los procesos dentro de un grupo.
 - Revisar iterativamente para reducir las restricciones y la no factibilidad.
- 3R.**
- 1) Tomar en cuenta cualquier posibilidad de ahorro de recursos durante la fabricación de los productos.
 - 2) Respetar la fecha comprometida de entrega del producto al cliente final.
- 4R.**
- a) Artesanal
 - b) Bajo pedido (intermitente).
 - c) Proceso similar (líneas de ensamble)
 - d) Continuo.
- 5R.** Puede determinarse cual es el tiempo para terminar un ciclo de trabajo ; siempre y cuando la gráfica continúe lo suficiente después del arranque para alcanzar el tiempo de equilibrio del ciclo.
- 6R.** Los datos están dados en frecuencia. Desarrollar una distribución de probabilidades relativas acumuladas, convertir primero las frecuencias a probabilidades y después sumar las probabilidades sucesivas.

No. de solicitudes de Servicio	Frecuencia	Probabilidad	Probabilidad acumulada.
0	30	$30/200 = 0.15$	0.15
1	40	$40/200 = 0.20$	0.35
2	60	$60/200 = 0.30$	0.65
3	44	$44/200 = 0.22$	0.87
4	20	$20/200 = 0.10$	0.97
5	6	$6/200 = 0.03$	1.00

Tabla 6R.1

El siguiente paso es asignar intervalos de números aleatorios de dos dígitos a las probabilidades acumuladas que corresponden a los intervalos de probabilidad.

Por ejemplo, asígnese 15% de los números aleatorios (00- 14) a la primera clase (0 solicitudes) y 20% a la segunda clase (15- 34) de 1 solicitud como se muestra en la tabla 6R.2

Clase de solicitud	Frecuencia	Probabilidad	Probabilidad acumulada	Número aleatorio Asignado.
0	30	0.15	0.15	00 - 14
1	40	0.20	0.35	15 - 34
2	60	0.30	0.65	35 - 64
3	44	0.22	0.87	65 - 86
4	20	0.10	0.97	87 - 96
5	6	0.03	1.00	97 - 99

Tabla 6R.2

Finalmente selecciónense siete números aleatorios de dos dígitos de una tabla de números aleatorios ; determínese en cual clase caben y regrese el número correspondiente de solicitudes de servicio, como se muestra en la Tabla 6R.3

Día	1	2	3	4	5	6	7	
Número aleatorio	85	68	99	21	17	56	12	Total
Número correspondiente de solicitudes de servicio	3	3	5	1	1	2	0	15

Tabla 6R.3

6b) Compárense los valores simulados con el promedio.

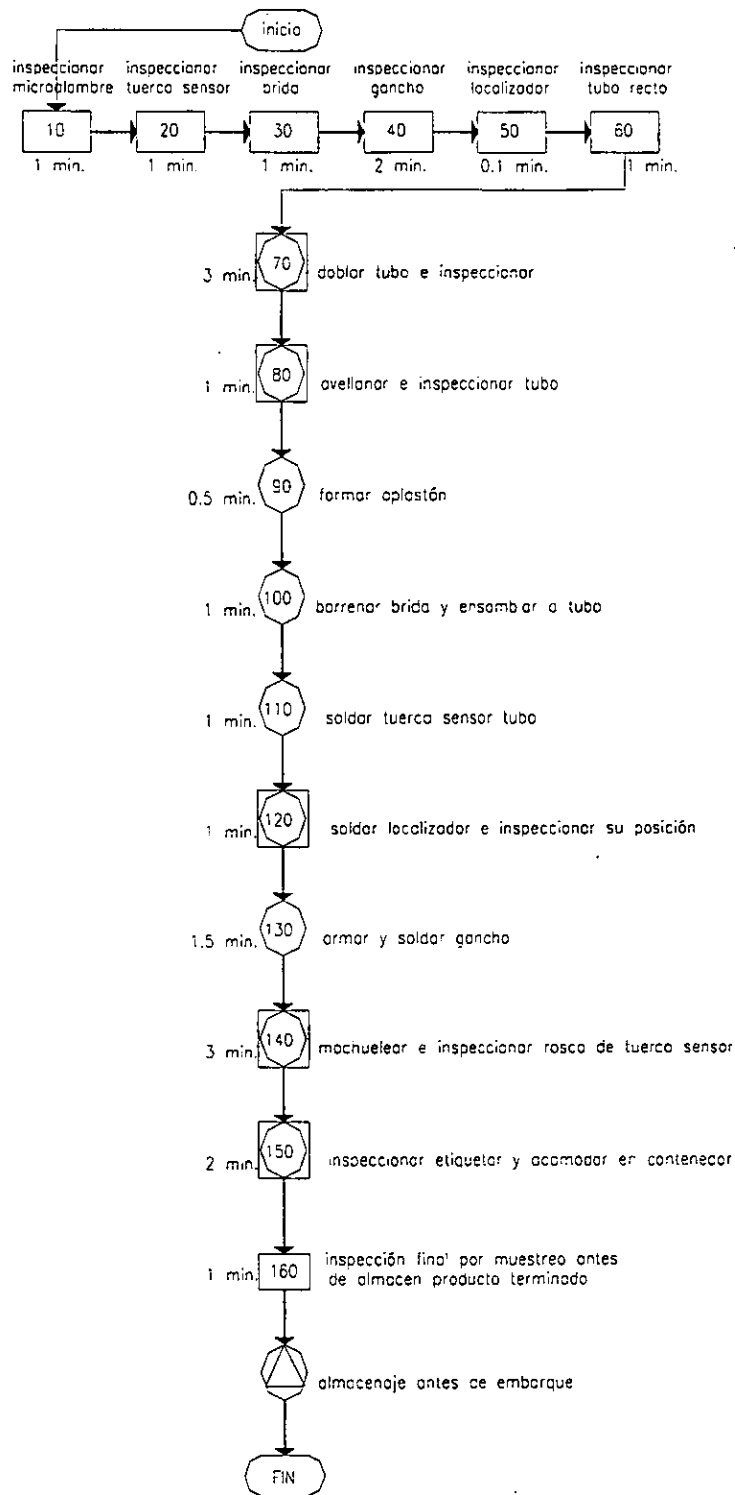
No. de solicitudes de servicio	0	1	2	3	4	5	6
Frecuencia	30	40	60	44	20	6	0

6bR. Nótese que el promedio de solicitudes de la simulación de siete días es de $15/7 = 2.14$ solicitudes de servicio.

Y comparando con la media de los datos históricos tenemos :

$$\mu = (0.15) + 1 (0.20) + 2 (0.30) + 3 (0.22) + 4 (0.10) + 5 /0.03)$$

$$\mu = 2.01 \text{ solicitudes de servicio.}$$



8R.- DIAGRAMA DE FLUJO TÍPICO PARA MANUFACTURAR UN TUBO DE SISTEMA DE ESCAPE PARA AUTOMOVIL CHRYSLER

7R.-Diagrama de flujo típico para elaborar un tubo de sistemas de escape para autos.

4.8.-BIBLIOGRAFIA

- Joseph G. Monks, “Administración de operaciones”, Serie Schaum, Editorial Mc. Graw Hill, Octubre 1987, p.p. 124-145.
- Everett E. Adam, jr. / Ronald J. Ebert, “Administración de la producción y las operaciones”Prentice Hall, Cuarta edición, 1995, p.p. 129-180.
- David M. Miller / J. W. Schmidt, “Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones”.Editorial Limusa, Primera edición al español 1992, p.p. 97- 114.
- Scheele - Westerman - Wimmert, “Como implantar el control de producción”.Ediciones Deusto, 2a. Edición Junio 1968, España, p.p.50

CONCLUSIONES

1.-Desde un principio este trabajo de tesis fue concebido a sabiendas de que sobre Investigación de Operaciones no estaríamos descubriendo el hilo negro ni mucho menos, sin embargo, el objetivo que perseguíamos persistentemente era el de demostrar la utilidad de la Investigación de Operaciones aplicada a casos reales de diseño de los sistema de producción ilustrado con ejemplos sencillos de cómo deben aplicarse los conocimientos compilados en cada uno de los capítulos. Bajo ese entendido hemos de mencionar que este trabajo de Tesis fue pensado principalmente para aquellos estudiantes de licenciatura de Ingeniería Industrial quiénes podrán darse cuenta aún antes de egresar cuales son las aplicaciones prácticas de los conocimientos adquiridos durante los semestres en la Universidad. Esperamos pues, que este trabajo les ayude en algún momento ya sea reforzando sus conocimientos o generándoles preguntas y dudas que posiblemente les despierten la curiosidad por investigar más a fondo el tema abordado.

2.-Obviamente los temas tratados tienen una ilación en cuanto a que describen lo que pudiera ser una micro-empresa , o por que no, una empresa de mayor tamaño. Creemos que inclusive a los profesionistas con experiencia deben referirse a estos temas, los cuales pudieran serles de gran utilidad en caso de iniciar algún negocio , de crecerlo o cambiarlo de ubicación . También durante nuestra vida profesional algunos hemos tenido oportunidad de mover toda una planta o solo parte de ella, reubicando instalaciones productivas, celdas de producción, almacenes, etc., etc. Dichas experiencias permiten poner en práctica los temas aquí tratados revisando variables tales como : la mezcla de productos de la celda o unidad de negocio, las máquinas y recursos en general con los que se cuenta o que posiblemente hagan falta en una instalación productiva. Todo ello encaminado a lograr una mejor eficiencia y productividad.

3.-En Ingeniería Industrial debe de partirse de un supuesto básico en la vida: todo es susceptible de mejora. Nosotros estamos convencidos de ello y el haber trabajado en varios años en la Industria de México nos permite apreciar las diferencias en cuanto a resultados de aquellas empresas que son metódicas y ordenadas de las que no lo son o nunca lo fueron, ya desaparecieron o en el mejor de los casos fueron compradas por otras que se modernizaron y fueron más eficientes utilizando, tal vez, técnicas como las que aquí presentamos y que no son nada nuevas ya que como se expuso en la introducción del trabajo, no hace muchos años que algunas de estas técnicas ayudaron a que los Aliados resultaran victoriosos durante los lamentables acontecimientos de la Segunda Guerra Mundial.

4.-Es esa la demostración que pretendemos reafirmar en la mente de los estudiantes de Ingeniería Industrial: la Investigación de Operaciones con todas las herramientas que involucra están ahí esperando a que nosotros las utilicemos para la obtención de cada vez mejores resultados en nuestra labor diaria. Dicho sea de paso, más vale utilizarlas temprano que tarde dado los tiempos tan dinámicos, cambiantes y competitivos que estamos viviendo en este final del Siglo XX y principios del siglo XXI. Sin duda las herramientas que se revisaron están tan vigentes como a mitad de siglo XX cuando fueron creadas, solo falta asociarlas con paquetes de computo que las simplifican en cuanto a su rapidez de solución y sin duda que quién las sepa utilizar obtendrá una ventaja competitiva importante sobre los demás profesionistas de la Ingeniería Industrial.

Wulfrano Esaúl Aburto Barrera

Rebeca Heickmuller Cervantes

Ovidio Rodríguez González