



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

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS

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

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

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

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

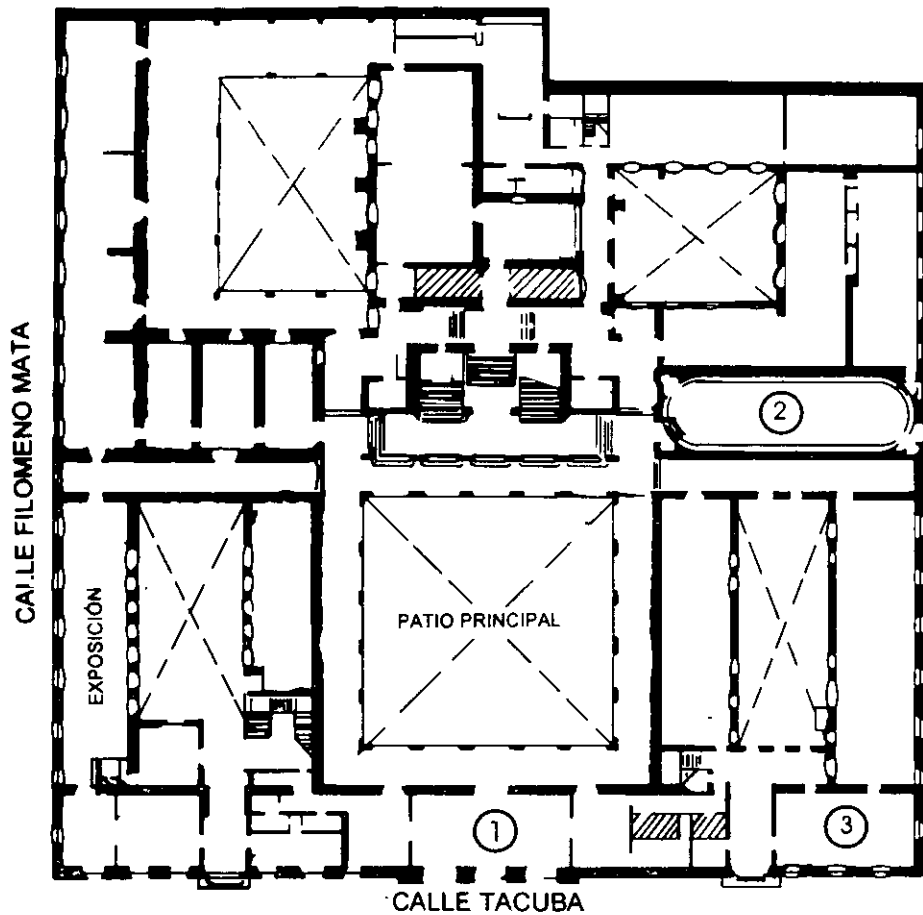
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

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

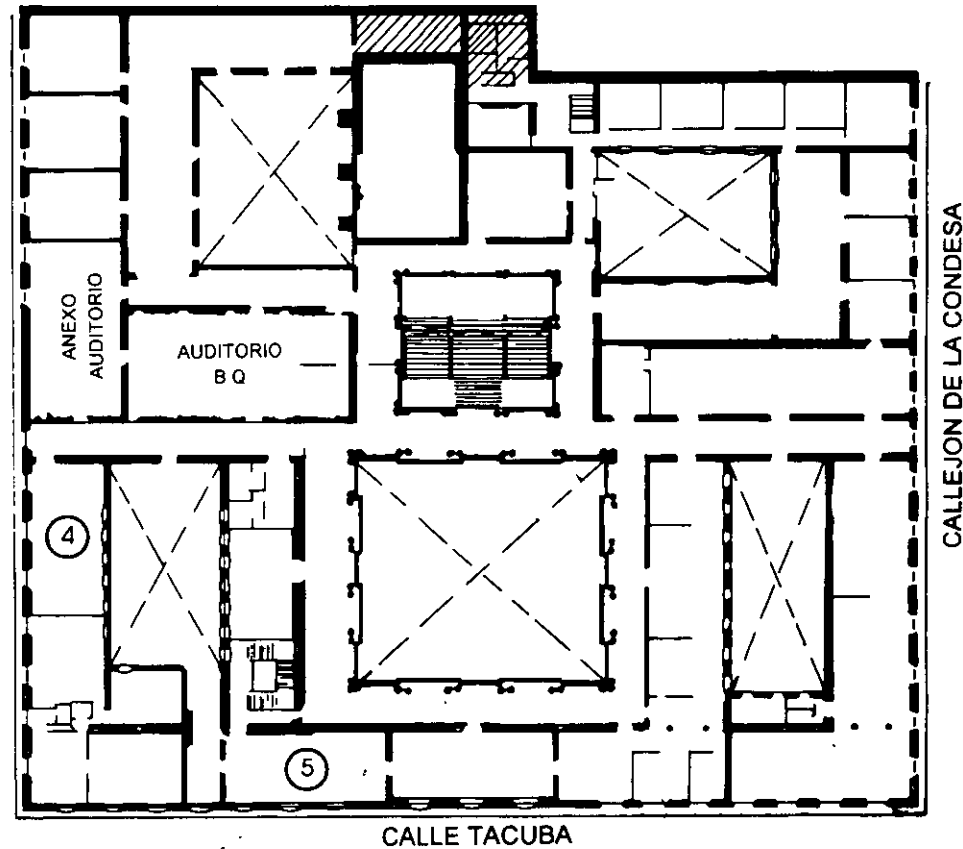
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente
División de Educación Continua.**

PALACIO DE MINERIA

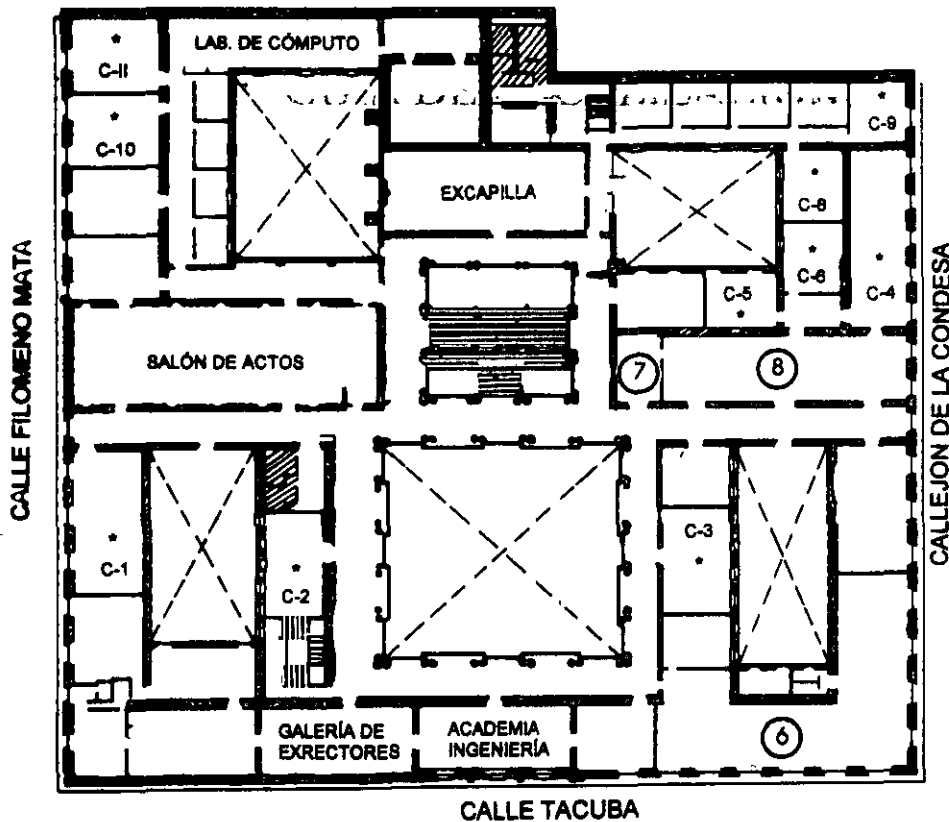


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

PALACIO DE MINERÍA



1er. PISO

GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
 2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
 3. LIBRERÍA UNAM
 4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
 5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
 6. OFICINAS GENERALES
 7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
 8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- * AULAS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





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



COORDINACIÓN DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

CURSO “ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN”

Ing. Silvina Hernández García

26 al 30 de octubre de 1998.

Hgc/JVR/AMB

107p

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN

Ing. Silvina Hernández García.

ANÁLISIS FACTORIAL DE PRODUCCIÓN

El análisis factorial es una metodología de investigación industrial que constituye un enfoque ideal para la introducción a los estudios de los fenómenos económicos y análisis de productividad, útil en los problemas de diagnóstico, en el desarrollo de nuevos proyectos en la industria y en la cuantificación de algunas actividades.

A los factores de operación en los que se basa el análisis factorial que influyen de alguna manera en la operación de una empresa corresponde una tarea o función específica, que es asignada a un miembro del cuerpo directivo. El director de una empresa necesita información oportuna y seleccionada que le permita conocer con una sola mirada, si algún departamento está funcionando correctamente o no.

Las actividades y funciones que corresponden a los encargados de cada uno de los factores de operación son los siguientes:

1.- Medio ambiente.

Los encargados de este factor informarán oportunamente a la empresas de los cambios que ocurren en las condiciones externas para su orientación y asimismo, informar al exterior sobre las actividades de la empresa.

Esta información debe contener básicamente:

a) Desarrollo Tecnológico

Se encargará de recopilar la información relativa a las novedades de carácter técnico y científico que se refieran a los productos,

—servicios, procesos, normas o prácticas administrativas relacionadas con la empresa. Esta información puede hacerse en una carpeta que contenga recortes de periódicos, revistas especializadas y otras fuentes de información. Es en ocasiones de utilidad solicitar por escrito los comentarios de los ejecutivos que se relacionan con el contenido de dicha información, tales como el Jefe de Producción, Jefe de Diseño o el Gerente de Ventas.

b) Desarrollo Económico

En la misma forma que el indicador anterior, se puede hacer un expediente con todos los comentarios en informes de carácter económico que puedan estar relacionados con la empresa.

Deben agregarse estudios de correlación y comentarios hechos por economistas o personas especializadas en esta materia.

c) Tendencias Económicas Externas

Existe información disponible de ciertas tendencias económicas que nos pueden servir para hacer comparaciones con respecto a la evolución de la empresa y para conocer cómo nos afectan o nos pueden afectar en el futuro. Las influencias del ambiente pueden ser locales, nacionales o internacionales, pero todos ellos pueden medirse mediante una gráfica de correlación o aplicando una fórmula.

El indicador de correlación en una gráfica que mide la relación entre la causa y el efecto, teniendo en cuenta que la causa siempre será el ambiente; y el efecto, las variaciones que tendremos en nuestras actividades, principalmente en los ingresos o ventas.

2.- Política y Dirección (administración general)

Tiene por misión fijar a la empresa objetivos razonables, y proveerla de los medios necesarios para alcanzarlos.

En la dirección ya se están tomando decisiones de ajuste para corregir tendencias que se separan del objetivo, pero, ¿cómo está funcionando esta dirección?

Se necesita contar también con indicadores que den a conocer si la actuación del director es correcta o no.

Dos son los indicadores básicos de este departamento: la dirección o rumbo y la velocidad de trabajo o rendimiento.

a) Dirección de la empresa

El director debe buscar un equilibrio al conducir a su empresa. Si trata de conseguir una gran productividad debe hacer grandes inversiones y por tanto la liquidez de la misma se resiste y no habrá dinero para pagar a los acreedores. En cambio, si mantiene alta la liquidez, para tener altos los créditos, la productividad de la empresa disminuye.

Para ayudar a la habilidad del administrador, gerente o director a mantener este equilibrio se sugiere la siguiente fórmula:

$$\text{Dirección} = \frac{\text{Liquidez}}{\text{Productividad}}$$

Donde:

$$\text{Liquidez} = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Activo total}} \%$$

b) Velocidad de trabajo.

Representa el porcentaje o proporción en que se mueve el dinero y los productos dentro de un período determinado.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Ventas netas}}{\text{Activo circulante}}$$

Además de los dos indicadores anteriores, se estudiará la rentabilidad de las inversiones hechas en la empresa.

c) Rentabilidad de las ventas = $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas netas}}$

d) Rentabilidad de la empresa = $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Capital social}}$

e) Rentabilidad de la fuerza de trabajo = $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{nómina, participaciones y prestaciones a los empleados y obreros.}}$

f) Rentabilidad de la participación pública = $\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Impuestos al capital y al trabajo}}$

3.- Productos y Procesos.

Su actividad será la de seleccionar para su producción, los artículos que al mismo tiempo que presten servicios a los consumidores, rindan

beneficios a la empresa, y determinar los procesos adecuados de producción.

Los principales indicadores de este factor son:

a) Competencia

Se sugiere tener una carpeta con información de las mejoras, usos, aditamentos, volúmenes de ventas, aceptación, cambios, etc., de los productos, procesos o servicios competitivos, para obtener nuestro porcentaje de mercado.

Debe completarse con comentarios sobre las ventajas y las desventajas de estos mismos productos, proporcionados por la gerencia de ventas, vendedores, distribuidores y, si es posible, de nuestros propios clientes.

Agréguense conclusiones y sugerencias para mejorar nuestros propios productos.

b) Rentabilidad del producto

Con objeto de mantener fijas las unidades de medida, el estudio de rentabilidad del producto se hará mediante la técnica de análisis marginal o de conteo directo. Esta técnica consiste en considerar como costo del producto sólo el que sea directamente proporcional tanto a la fabricación como a la distribución, evitando los gastos de fabricación llamados también gastos indirectos. La rentabilidad del producto es el porcentaje de utilidad o margen sobre el precio de venta. Se expresa en tanto por uno.

De esta cantidad de margen se toma lo necesario para cubrir los gastos fijos de fabricación, distribución y administración, o sea

los gastos de estructura, y la diferencia representa la utilidad neta de la empresa.

c) Control de Calidad

El control de calidad se puede llevar por variables o por atributos. El primero se refiere a los productos medibles y el segundo a los que deben llenar determinadas características que, al carecer de ellas, se convierten en defectuosos.

Las principales gráficas para estos dos grupos son: la gráfica de medida y rangos, y la gráfica por fabricación defectuosa.

d) Indicador de rechazos

Todo gerente y administrador sabe la importancia de controlar el rechazo de sus productos por los clientes. Se necesita evitar al motivo que producen las devoluciones de ventas ya efectuadas. Para esta situación contamos con un indicador de rechazos que nos señala la tendencia de los mismos y que nos permite tomar mejores decisiones.

En este estudio lo que nos interesa es conocer el movimiento o tendencia del punto de equilibrio el cual llevamos en forma anual, semestral o mensual a la gráfica respectiva.

e) Política financiera

Desconocer la proporción general del activo y del pasivo de la empresa. No se puede dar una estructura tipo, por lo que cada institución debe buscar la que le sea más adecuada a sus características.

$$I = \frac{\text{Obligaciones a corto plazo} + \text{Obligaciones a largo plazo}}{\text{Activo circulante} + \text{Activo fijo}}$$

f) Independencia financiera

Con este indicador se estudia el grado de independencia que se tiene con respecto al financiamiento de las operaciones de la empresa.

$$I = \frac{\text{Capital contable \%}}{\text{Activo total}}$$

4.- Financiamiento.

La persona encargada de este factor tendrá que proveer de los recursos monetarios adecuados por su cuantía y origen, para efectuar las inversiones necesarias, así como para desarrollar las operaciones de la empresa.

Los indicadores de este aspecto nos darán por tanto el equilibrio que debe haber en las finanzas de la empresa, representado por la disponibilidad de dinero y la oportunidad de nuestros pagos a los acreedores.

a) Indicador del Capital de Trabajo

Este representa el porcentaje de los bienes circulantes no comprometidos con respecto al activo circulante.

Al restar el pasivo a corto plazo al activo circulante (para producción es igual al capital de trabajo), te quedan los valores libres de compromiso, o sea el capital de trabajo.

---Conviene presentar el conjunto de valores liberados a base de porcentajes, en orden de realización, en un estado de capital de trabajo. El indicador lo obtenemos como sigue:

$$I = \frac{\text{Capital de trabajo}}{\text{Activo circulante}} \%$$

La política financiera puede ser la de maximizar el capital de trabajo o bien la de mantenerlo en un nivel adecuado.

La inspección continua a este indicador de capital de trabajo ayuda a mantener el equilibrio de las cuentas por pagar.

b) Indicador de cartera

Conviene tener un indicador que muestre mensualmente la tendencia de las cifras que representan las cuentas no cobradas por antigüedad de saldos vencidos, así como el número de clientes que se encuentran retrasados en sus pagos.

c) Indicador de cobranzas

Este indicador nos muestra el porcentaje de eficiencia del departamento de cobranzas y se calcula con el porcentaje que representa la cantidad cobrada mensualmente con respecto a la facturación. Antigüedad de saldos.

d) Indicador del punto de equilibrio.

Da a conocer el porcentaje de las ventas que se requieren para cubrir los gastos fijos o de estructura de la empresa.

$$I = \frac{\text{Punto de equilibrio}}{\text{Ventas totales}}$$

$$Pe = \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{Margen en porcentaje}} = \frac{E}{Hp}$$

*Margen = Ventas - Costo de Ventas

Pe = punto de equilibrio

e) Grado de autofinanciamiento

Muestra el porcentaje de las utilidades reinvertidas en la empresa con base al capital social.

$$\text{Autofinanciamiento} = \frac{\text{Reservas de capital}}{\text{Capital social}}$$

Debe buscarse el ascenso en la tendencia, ya que se trata de una gráfica de maximización.

f) Dependencia bancaria

Es conveniente conocer el grado de dependencia que se tiene con los bancos para mantener el equilibrio durante el crecimiento natural de la empresa.

$$\text{Dependencia bancaria} = \frac{\text{Créditos bancarios}}{\text{Activo total}}$$

Esta es una gráfica de estabilización.

g) Movilidad del activo circulante

Señala la proporción de los bienes se operación con base en la inversión total.

$$\text{Movilidad} = \frac{\text{Activo circulante}}{\text{Activo total}}$$

También es una gráfica de estabilización.

h) Estabilidad de las inversiones

Puede hacerse una comparación de la rentabilidad del activo total, del capital contable o inversiones de la empresa, y del capital social o inversión de los socios.

En virtud de que se trata de utilidades, la gráfica es maximización.

5.- Medios de producción.

Las personas encargadas de este factor deberán tener conocimiento de maquinaria y equipo de la rama sobre la que se está trabajando y; además, conocer sobre terrenos, edificios e instalaciones para poder dotar a la empresa y ésta efectúe sus operaciones eficientemente.

Desde el punto de vista de manejo de la empresa, existen tres divisiones:

I Personal

II Bienes

III Servicios

Los siguientes indicadores mantienen al tanto de lo que suceda con las inversiones:

a) Productividad de los medios de producción

Señala la cantidad de producción lograda por cada hora-máquina.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción (unidades)}}{\text{Horas-máquina}}$$

b) Mantenimiento

Indica el costo de mantenimiento por cada peso gastado en la producción, en un período determinado.

$$\text{Mantenimiento} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de producción}}$$

c) Estado del activo fijo

Este indicador debe compararse con el resultado de ejercicios anteriores. Señala la cantidad gastada en mantenimiento y reparación por cada peso en activo fijo.

$$\text{Estado del activo fijo} = \frac{\text{Costo de reparación y mantenimiento}}{\text{Activo fijo}}$$

d) Intensidad de la inversión

Representa la cantidad invertida en la estructura general por cada peso invertido en la empresa.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Activo fijo}}{\text{Activo total}}$$

e) Grado de mecanización

Muestra los pasos que da la empresa hacia la automatización y la velocidad con que lo logra.

$$\text{Mecanización} = \frac{\text{Maquinaria y equipo}}{\text{Activo total}}$$

6.-Fuerza de trabajo.

El personal encargado de este punto seleccionará y adiestrará personal idóneo y lo organizará tratando de alcanzar la óptima productividad en el desempeño de sus labores.

La fuerza de trabajo o personal de la empresa es uno de los puntos clave para lograr la máxima productividad en la compañía.

Debemos concentrar la atención en los indicadores que nos muestran no sólo la cantidad de trabajo y ociosidad, sino el grado de satisfacción que tienen los empleados al desempeñar sus actividades.

a) Indicador de las horas-hombre trabajadas

Da a conocer los cambios en la fuerza de trabajo ocupada. Se usa cuando hay grandes variaciones en la capacidad de horas-hombre instalada con el tiempo trabajado efectivamente.

b) Salario medio

$$\text{Salario medio} = \frac{\text{Salario pagado}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

c) Índices de productividad

---La productividad es la proporción dinámica de la producción y sus insumos o componentes.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumo}}$$

También la productividad la podemos medir observando el desarrollo de la proporción, lo logrado y lo programado.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Logrado}}{\text{Programado}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Realizado}}{\text{Presupuestado}}$$

Otra de las formas es la que mide la producción lograda con las horas-hombre trabajadas.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{hora-hombre trabajadas}}$$

d) Ausentismo

Este indicador señala además del porcentaje de horas ausentes, el grado de inconformidad que tienen los trabajadores con las políticas internas de la empresa.

$$\text{Ausentismo} = \frac{\text{horas-hombre ausentes}}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

e) Índice de frecuencias de accidentes

Muestra la frecuencia con que se presentan los accidentes en relación al tiempo trabajado.

$$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{Núm. de accidentes con incapacidad} \times 1'000,000}{\text{horas-hombre trabajadas}}$$

$$\text{f) Rotación de mano de obra} = \frac{\text{número de trabajadores separados}}{\text{número promedio de trabajadores}}$$

$$\text{g) Ventas por trabajador} = \frac{\text{ventas totales}}{\text{número de trabajadores}}$$

Existen más indicadores que se pueden elaborar dependiendo de las necesidades.

7.-Suministros.

Esta persona se encargará de que la empresa tenga un suministro continuo de materiales y servicios de calidad a precios convenientes.

La existencia de materia prima, productos en proceso y productos terminados en los almacenes respectivos, se justifica por la necesidad de tener una protección adecuada para la producción o distribución. Pero no es conveniente tampoco tener grandes cantidades de materias primas o producto terminado por los riesgos que se corren: pérdidas, robos, incendios, obsolescencia, etc.

Debe hacerse un estudio técnico y económico para determinar el punto de equilibrio de los riesgos que supone la existencia en los almacenes.

a) Movilidad de los inventarios

Presenta la tendencia del nivel de los inventarios con base en la inversión propia, o sea el capital contable.

$$\text{Movilidad de los inventarios} = \frac{\text{Inventarios}}{\text{Capital contable}}$$

b) Importancia de los Suministros = $\frac{\text{Costos de la materia prima y materiales}}{\text{Costos de fabricación}}$

c) Rotación de los materiales = $\frac{\text{Materia prima empleada en el mes}}{\text{Inventario de materia prima en el mes}}$

d) Entrega de suministros

$\text{Entrega} = \frac{\text{Días de entrega de proveedores}}{\text{Días de producción}}$

8.- Actividad productora.

Organizará y efectuará las operaciones de producción en forma eficiente y económica. Algunos de los indicadores pueden ser:

a) Utilización de la capacidad productora

Puede medirse mediante cualquiera de los siguientes indicadores:

I $\frac{\text{Cantidad física de artículos (Producción)}}{\text{Capacidad instalada en la empresa}}$ (Producción en un intervalo de tiempo)

II $\frac{\text{Tiempo real de trabajo}}{\text{Tiempo óptimo de trabajo}}$

b) Utilización de los materiales = $\frac{\text{Desechos y desperdicios}}{\text{Materia prima}}$ (porcentaje de merma)

Debe buscar una tendencia a la minimización.

9.- Mercadeo.

Se encargará de adoptar las medidas que garanticen el flujo continuo de los productos al mercado y que proporcionen el óptimo beneficio tanto a la empresa como a los consumidores.

Los indicadores para ver el perfil de la empresa con este factor son:

a) **Tendencia**

Se gráfica la tendencia de las ventas y se calcula matemáticamente de acuerdo a la fórmula:

$$y = a x + b$$

b) **Rentabilidad de las Ventas = $1 - \frac{\text{Gastos fijos}}{\text{Ventas-Gastos Variables}}$**

c) **Influencia de la distribución = $\frac{\text{Gastos de ventas y distribución}}{\text{Costo de lo vendido}}$**

d) **Influencia de la Ubicación = $\frac{\text{Gastos de transporte y acarreo}}{\text{Costo de lo vendido}}$**

e) **Influencia de la propaganda = $\frac{\text{Gastos de propaganda y promoción}}{\text{Ventas netas}}$**

f) **Proporción de devoluciones = $\frac{\text{Valor de la mercancía de vuelta}}{\text{Ventas netas}}$**

10. Contabilidad y Estadística.

Deberá establecer y tener en funcionamiento una organización para la recopilación de datos, particularmente financieros y de costos, con el fin de mantener informada a la empresa de los aspectos económicos de sus operaciones en forma oportuna fácil de analizar a un bajo costo.

Las funciones mal desempeñadas dan lugar a que, incluso las colaboraciones más perfectas, sean ineficaces. Al analizar detalladamente las operaciones de una empresa se descubre por regla general, que una falla en el desempeño de una o de varias de estas funciones origina la ineficacia de toda la empresa.

Esto pone en relieve que todas las funciones de una empresa deben ser cumplidas de tal modo y en tal grado, que contribuyan con su parte adecuada y específica a la tarea común. Las funciones defieren en importancia o "peso" de acuerdo con su relativa contribución al total. El director debe escoger los factores que sean necesarios a su empresa y también puede idear nuevos indicadores si es que necesita alguna información especial.

Los indicadores de los factores han sido diseñados para recibir información el final de cada período, acumularse en forma estadística a la de períodos anteriores y presentar la tendencia respectiva. Una información estática no servirá para tomar medidas correctivas ni sería fácil su interpretación administrativa.

Los indicadores no dicen el por qué está mal el funcionamiento de una actividad o trabajo, sino sólo señalan la anomalía y cuando ésta se presenta el Gerente de Administración y Finanzas debe pedir mayor información o hacer personalmente una investigación minuciosa para determinar las causas de la irregularidad.

Tomando en consideración la inflación podemos resumir que:

1.- El medio ambiente.

Al verse afectadas las influencias externas como son los aspectos económicos y los sociales por el alza de precios, por la especulación y

acaparamiento de la mercancía, por efecto de la inflación se alterará gradualmente este factor y no será lo mismo si consideramos esta alteración en la Economía.

2.- Política y dirección.

Será afectada grandemente ya que las políticas serán de menor duración y la planeación será a corto plazo por las variaciones que existen en la Economía externa que vendría a efectos indudablemente a la economía interna de una empresa.

3.- Productos y Procesos.

Se verá afectada por la inflación ya que se tenderá en este momento más que nunca a mejorar el diseño, la calidad y la productividad para poder seguir siendo competitivos en la rama donde se esté desarrollando.

Los productos no básicos se verán afectados en cuanto a la disminución en la demanda, por el alza de los precios en los artículos básicos. Ya que la demanda del mercado está en la función del precio, y esta relación será inversa, es decir que a mayor precio, menor será la cantidad demandada.

4.- Financiamiento.

El financiamiento se verá afectado ya que si las perspectivas a largo plazo son de una elevación del nivel de precios, el incentivo para el ahorro puede verse seriamente debilitado. Las tasas de interés se elevarán drásticamente, debido a un descenso de ahorro real y a la expectativa de elevación de los precios, entonces la inversión y el crecimiento se demorará.

5.- Medios de producción.

No podemos ignorar el factor inflación al hacer un análisis o evaluación de estos medios, ya que al igual que los productos se verán afectados, porque los individuos tienden a convertirse en este momento, en especuladores o a aumentar su propensión al consumo y entonces el crecimiento económico se verá seriamente reprimido.

6.- Fuerza de trabajo.

Este aspecto es uno de los más afectados por la inflación.

En muchas industrias la escala de salarios se basa en el costo de la vida. En caso de que éste se eleve, los salarios aumentan automáticamente. Esto induce a su vez a los empresarios a elevar los precios.

Como consecuencia de esto se eleva el costo de las cosas que adquieren los agricultores, el índice de paridad y los precios agrícolas se elevan, de forma que el costo de la vida se eleva de nuevo y los salarios deben elevarse otra vez.

Un aumento muy divulgado de salarios y precios de las grandes industrias puede sugerir posteriores elevaciones en otros sectores.

Es por ello que la caída del empleo es debida a la presión monopolista sobre los precios y los salarios.

7.- Suministros.

Los consumidores e inversionistas al ver la tendencia de la inflación se anticipan a posteriores elevaciones de precios e intensifican su demanda de bienes y servicios. Ya que los aumentos de precios resultantes provocan un estado de participación para cambiar monedas por mercancías, aceleran asimismo su ritmo para la acumulación de stocks, y su programa de inversión de capital para anticiparse a la esperada elevación del costo de los materiales y máquinas.

8.-Actividad productora.

La inflación perjudica a la producción ya que sustituye la industria y la austeridad por el atesoramiento y la especulación y si también han sido afectados los suministros y la fuerza de trabajo que son parte de la actividad productora estaría de más contradecir que no se ve afectada.

9.-Mercadeo.

En el momento en que existe un grado muy alto de inflación ya no se puede garantizar un flujo continuo de productos a no ser que se trate de un producto de primera necesidad, en caso contrario, quizás no se justifiquen los altos costos de distribución de propaganda, etc.

10.-Contabilidad y Estadística.

Se verán afectadas por la inflación si no están debidamente informados y sus técnicos no son los más actualizados.

El resultado final de todas estas anomalías causadas por la inflación traen consigo el enfrentamiento de la sociedad contra sí misma, y las instituciones políticas se someten a una intolerable tensión

DIAGNÓSTICO DE PRODUCTIVIDAD

El diagnóstico o determinación de las limitaciones o anomalías de las actividades de una empresa puede hacerse mediante técnicas diferentes. Vamos a utilizar una de ellas, el análisis factorial y causal.

Este análisis se desarrolla mediante el siguiente método:

1. Se divide la actividad estudiada en sus factores o componentes. El grado de división depende de la profundidad de análisis que quiera hacerse. Por ejemplo, si deseamos analizar el ambiente, lo podemos dividir en los siguientes factores:

- a) Económico**
- b) Social**
- c) Tecnológico**
- d) Físico**

Otra división podría ser en función de las relaciones o influencias sobre las actividades de la compañía.

- a) Industria competitiva**
- b) Facilidades gubernamentales**
- c) Medios de comunicación**
- d) Cercanías de mercados**
- e) Fuentes de abastecimientos**
- f) Desarrollo tecnológico, etcétera**

Vamos a utilizar los indicadores descritos en este trabajo como factores de análisis

- a) **Desarrollo tecnológico**
- b) **Desarrollo económico**
- c) **Tendencias económicas**
- d) **Correlación con la competencia**

2. Se elabora una escala que representa el grado de satisfacción de cada factor, desde cero para la carencia total del mismo, hasta 1.00 para la completa satisfacción.

- a) **Aceptable, 1.00**
- b) **Limitado, 0.50**
- c) **No aceptable, 0.25**
- d) **Inexistente, 0**

O bien, otra escala más amplia:

- a) **Extraordinario, 1.00**
- b) **Bueno, 0.80**
- c) **Regular, 0.60**
- d) **Malo, 0.40**
- e) **Pésimo, 0.20**
- f) **Inexistente, 0**

3. Se evalúa el factor componente, examinando la tendencia, dirección, exactitud y precisión del indicador, para darle un grado de satisfacción y se señala con una cruz la columna que corresponde en la escala.

	a	b	c
a) Desarrollo tecnológico		x	
b) Desarrollo económico	x		
c) Tendencias económicas	x		
d) Correlación con la competencia			x

En este caso, como vamos a utilizar únicamente los indicadores con los que trabajamos, no se necesitará la columna para el grado (d), que significa inexistente.

4. Cuando el factor analizado tiene limitación, o sea, cuando se marca la columna (b) o (c), buscaremos en qué función se encuentra la causa de dicha limitación. Se utiliza una columna más (L) para anotar el número de este factor limitante.

- 1) Ambiente
- 2) Producto
- 3) Estructura financiera
- 4) Suministros
- 5) Fuerza de trabajo
- 6) Medio de producción
- 7) Actividad productora
- 8) Mercadeo
- 9) Contabilidad y estadística
- 10) Dirección

	a	b	c	L
a) Desarrollo tecnológico		x		10
b) Desarrollo económico	x			
c) Tendencias económicas	x			
d) Correlación con la competencia			x	1

5. Se suma el número de anotaciones hechas en cada columna:

a b c L

2 1 1 2

6. Se calcula la eficiencia, multiplicando el número de anotaciones de cada una de las tres primeras columnas por la ponderación dada a las mismas. La suma de estas evaluaciones se divide entre el número de indicadores analizados y el resultado es la eficiencia.

$$E = \frac{a + b(0.5) + c(0.25)}{n} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69$$

Como la cifra está dada en tanto por uno, el resultado puede leerse como 69%.

7. La deficiencia es el complemento a la unidad, del valor de la eficiencia.

$$\text{Deficiencia} = 1 - 0.69 = 0.31$$

8. Se calcula el porcentaje de limitación, dividiendo la unidad entre el número de anotaciones que hay en la columna (L).

$$f = 1/L = 1/2 = 0.50$$

9. Se multiplica este porcentaje por la cantidad de anotaciones de una misma función, para conocer el porcentaje de limitación que proviene de cada departamento.

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función } 10 = 0.50 \times 1 = 0.50$$

Antes de continuar con la metodología, vamos a ilustrar con un ejemplo los nueve pasos anteriores.

A. Ambiente

	a	b	c	L
1. Desarrollo tecnológico		x		10
2. Desarrollo económico	x			
3. Tendencia económica	x			
4. Fuerza competitiva			x	1
	2	1	1	2

B. Producto:

	a	b	c
1. Fuerza competitiva			x
2. Rentabilidad del producto	x		
3. Calidad del producto		x	
4. Aceptación del producto			x
	1	2	1

C. Estructura financiera

	a	b	c	L
1. Capital de trabajo	x			
2. Cartera		x		3
3. Cobranza		x		3
4. Punto de equilibrio		x		10
5. Política financiera	x			
6. Independencia financiera	x			
7. Liquidez de la estructura	x			
8. Autofinanciamiento			x	3
9. Dependencia bancaria	x			
10. Movilidad del activo circulante	x			
11. Rentabilidad de las inversiones			x	10
	6	3	2	5

D. Suministros

	a	b	c	L
1. Nivel de los inventarios			x	10
2. Inmovilidad de los inventarios			x	10
3. Movilidad de los inventarios			x	10
4. Importancia de los suministros		x		4
5. Rotación de los materiales			x	4
6. Rotación de los créditos pasivos		x		3
7. Plazo medio de los créditos pasivos		x		3
	0	3	4	7

E. Fuerza de trabajo

	a	b	c	L
1. H.H. trabajadas		x		7
2. Salario medio		x		3
3. Productividad del personal			x	5
4. Puntualidad y asiduidad		x		5
5. Seguridad del trabajo	x			
6. Proporción de los obreros	x			
7. Proporción de los salarios		x		10
8. Importancia de los salarios	x			
9. Importancia de las prestaciones	x			
10. Rotación de la mano de obra		x		1
11. Horas de trabajo		x		7
	4	6	1	7

F. Medios de producción

	a	b	c	L
1. Productividad de los medios		x		10
2. Costo de mantenimiento		x		3
3. Eficiencia del mantenimiento		x		
4. Intensidad de la inversión		x		10
5. Rentabilidad de la inversión		x		10
6. Grado de mecanización		x		
	2	4	0	4

G. Actividad productora

	a	b	c	L
1. Estabilidad de los costos	x			
2. Mano de obra		x		7
3. Tiempo productivo		x		8
4. Costo de preparación		x		5
5. Costo de la ociosidad o paro	x			
6. Nivel de los almacenes			x	10
7. Entrega de suministros	x			
8. Gastos de fabricación		x		10
9. Grado de transformación	x			
10. Grado de mecanización	x			
11. Capacidad productiva		x		7
12. Utilización de los materiales			x	7
13. Eficiencia de la inspección	x			
14. Velocidad de máquinas				
15. Aprovechamiento de capacidad instalada				
	6	5	2	7

H. Mercadeo

	a	b	c	L
1. Estabilidad del perfil de ventas	x			
2. Tendencia de las ventas	x			
3. Exactitud y precisión del presup.	x			
4. Rentabilidad de las ventas	x			
5. Ventas por vendedor	x			
6. Costo de la distribución		x		8
7. Costo del transporte y acarreo		x		1
8. Costo de la promoción	x			
9. Costo de la investigación	x			
10. Aceptación del producto		x		1
	7	3	0	3

I. Contabilidad y estadística**J. Dirección**

	a	b	c	L		a	b	c	L
1. Oportunidad de la información		x		9	1. Dirección	x			
2. Costo del servicio		x		9	2. Velocidad	x			
3. Carga de trabajo		x		9	3. Rentabilidad de las ventas		x		10
					4. Rentabilidad de la empresa		x		10
					5. Rentabilidad de las aportaciones			x	10
					6. Rentabilidad de la fuerza de trabajo	x			
					7. Rentabilidad de la participación pública	x			
	0	0	3	3			4	3	0
									3

Cálculo de la eficiencia, deficiencia y porcentaje de influencia limitante de cada función.

A. Ambiente

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 1(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{2} = 0.50$$

$$\text{Función 1} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

$$\text{Función 10} = 0.50 \times 1 = 0.50$$

B. Producto

$$\text{Eficiencia} = \frac{1 + 2(0.5) + 1(0.25)}{4} = 0.56 \quad \text{Deficiencia} = 0.44$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 7} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

C. Estructura financiera

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 3(0.5) + 2(0.25)}{11} = 0.73 \quad \text{Deficiencia} = 0.27$$

$$\text{Limitante} = 1/5 = 0.20$$

$$\text{Función 3} = 0.20 \times 3 = 0.60$$

$$\text{Función 10} = 0.20 \times 2 = 0.40$$

D. Suministros

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 3(0.5) + 4(0.25)}{7} = 0.36 \quad \text{Deficiencia} = 0.64$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 4} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 3 = 0.42$$

E. Fuerza de trabajo

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 6(0.5) + 1(0.25)}{11} = 0.66 \quad \text{Deficiencia} = 0.34$$

$$\text{Limitante} = 1/7 = 0.14$$

$$\text{Función 1} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 3} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 2 = 0.29$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

F. Medios de producción

$$\text{Eficiencia} = \frac{2 + 4(0.5) + 0(0.25)}{6} = 0.67 \quad \text{Deficiencia} = 0.33$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$\text{Función 3} = 0.25 \times 1 = 0.25$$

$$\text{Función 10} = 0.25 \times 3 = 0.75$$

G. Actividad productora

$$\text{Eficiencia} = \frac{6 + 5(0.5) + 2(0.25)}{13} = 0.69 \quad \text{Deficiencia} = 0.31$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{7} = 0.14$$

$$\text{Función 5} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 7} = 0.14 \times 3 = 0.44$$

$$\text{Función 8} = 0.14 \times 1 = 0.14$$

$$\text{Función 10} = 0.14 \times 2 = 0.28$$

H. Mercadeo

$$\text{Eficiencia} = \frac{7 + 3(0.5) + 0(0.25)}{10} = 0.85 \quad \text{Deficiencia} = 0.15$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 1} = 0.33 \times 2 = 0.67$$

$$\text{Función 8} = 0.33 \times 1 = 0.33$$

I. Contabilidad

$$\text{Eficiencia} = \frac{0 + 0(0.5) + 3(0.25)}{3} = 0.25 \quad \text{Deficiencia} = 0.75$$

$$\text{Limitante} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$\text{Función 9} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

J. Dirección

$$\text{Eficiencia} = \frac{4 + 3(0.5) + 0(0.25)}{7} = 0.79 \quad \text{Deficiencia} = 0.21$$

$$\text{Limitante} = 1/3 \text{ o } 0.33$$

$$\text{Función 10} = 0.33 \times 3 = 1.00$$

10. Los resultados de esta evaluación se anotan como los indican las tablas anexas.

11. La deficiencia de la empresa es el promedio de las deficiencias funcionales o departamentales:

$$\text{Deficiencia} = \frac{E}{10} = 3.81/10 = 0.38$$

$$\text{y la eficiencia de la empresa} = 6.19/10 = 0.62$$

12. El porcentaje de influencia limitante en la empresa se obtiene dividiendo el total de valores de cada columna entre la suma de estos totales.

$$1.98 + 1.28 + 0.29 + 0.43 + 1.06 + 0.47 + 1.00 + 3.49 = 10.00$$

$$1.98/10.0 = 0.20$$

$$1.28/10.00 = 0.13, \text{ etcétera.}$$

Estas cantidades se anotan en el último renglón de la gráfica de valores limitantes.

13. Se calcula el porcentaje relativo de influencia limitante de cada factor dividiendo el porcentaje de cada renglón entre la suma de cada columna. El resultado se anota en la matriz de limitaciones unitarias:

$$0.50/1.98 = 0.25$$

$$0.67/1.98 = 0.34$$

$$0.14/1.98 = 0.07, \text{ etcétera}$$

FACTORES LIMITANTES

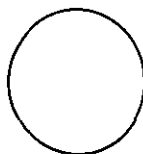
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.25									0.14
2	0.34						0.31			
3			0.47							0.11
4			0.23	1.00						0.12
5	0.07		0.11		0.67		0.27			0.04
6			0.20							0.21
7					0.33		0.42	0.30		0.08
8	0.34							0.70		
9									1.00	
0										0.30

Función limitada	Indicadores limitados por la función dirección	Porcentaje de la influencia
PRIMERA ETAPA:		
10	3. Rentabilidad de las ventas	
	4. Rentabilidad de la empresa	
	5. Rentabilidad de las aportaciones	0.30
3	4. Punto de equilibrio	
	11. Rentabilidad de las inversiones	0.11
1	1. Desarrollo tecnológico	0.14
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.55
SEGUNDA ETAPA:		
5	7. Proporción de los salarios	0.04
4	1. Nivel de los inventarios	
	2. Inmovilización de los inventarios	
	3. Movilidad de los inventarios	0.12
	Porcentaje por corregir en la etapa	0.16

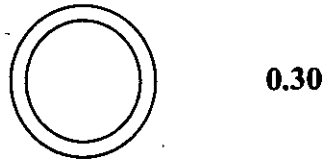
Antes de planear nuevos ajustes debe hacerse un nuevo diagnóstico para observar si los indicadores presentan cambios favorables. Si no hay cambio favorable o simplemente no hay cambio en los indicadores, significa que las medidas que se están tomando para corregir la actividad son incorrectas y por tanto debe revisarse la reorganización.

14. Se dibuja la red de limitaciones y causas utilizando como punto de partida la función más limitante. En este caso es la función 10 con un total de 0.35 según puede observarse en la gráfica de valores limitantes.

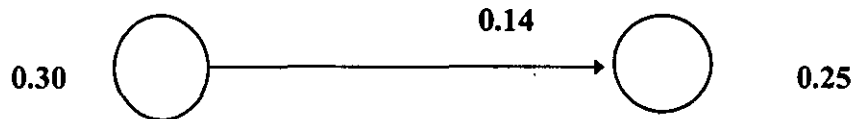
Cada función se representa con un círculo conteniendo en su interior el número asignado.



Si está autolimitada la función se dibuja un círculo doble y se marca en el exterior el porcentaje de dicha limitación.



Este último valor se obtiene de la matriz de información. Se hace la conexión de las funciones limitantes con las limitadas por medio de una línea con flecha, anotando en la punta el porcentaje de influencia.



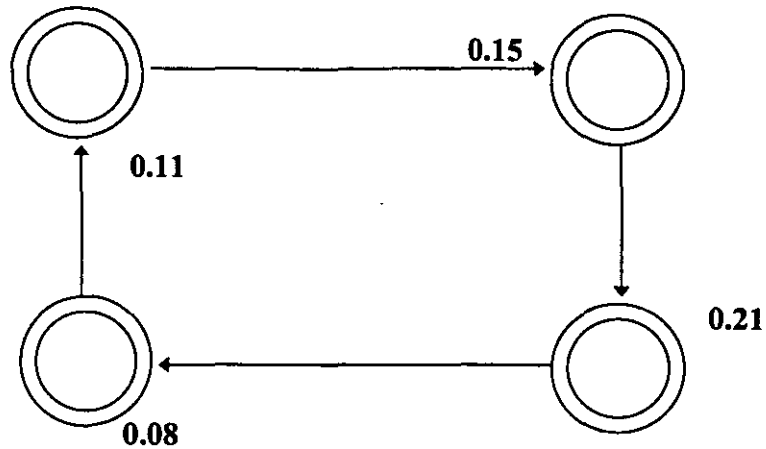
Al terminarse el dibujo de la red, pueden encontrarse dos casos:

a) Cadenas limitantes:

Una función limitada a una segunda; ésta limitada a una tercera y así sucesivamente. Conviene señalar con línea gruesa las conexiones que corresponden a la cadena más larga.

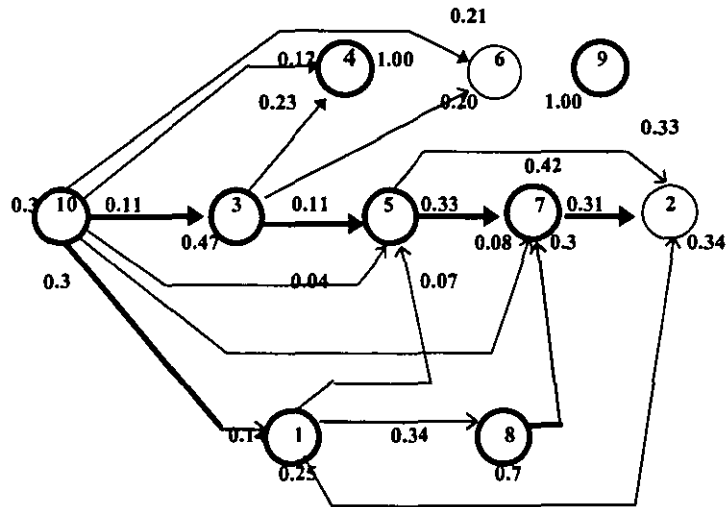
b) Círculos limitantes:

Es una cadena cerrada en donde la causa se convierte en efecto al pasar por una serie de funciones. Debe marcarse con línea gruesa.



En estos casos la acción correctiva se inicia en la función más limitante. En la figura anterior sería la función 4 con 0.21 de influencia en el círculo.

En el ejemplo que estamos desarrollando, la red de limitaciones y causas es la siguiente:



En la que podemos observar que no hay círculos limitantes, sino únicamente dos cadenas grandes de cuatro funciones cada una.

- 15. Se hace el proyecto de corrección de limitantes, buscando en cada unión los indicadores limitados por la causa original, en orden de aparición en la cadena.**

Si la reorganización resulta muy voluminosa, puede dividirse en etapas progresivas de corrección.

Proyecto de reorganización.

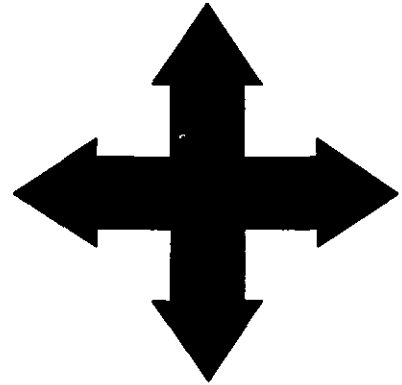
BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍN MONTAÑO G.
Diagnóstico industrial
Editorial Trillas, 1978. México

ALFRED W. KLEIN y NATHAN GRABINSKY
El análisis factorial
Banco de México, S.A.
Investigaciones Industriales
Sexta edición, 1976

RUBÉN MÚJICA VÉLEZ
La inflación: aspectos ideológicos y políticos
Editorial Fondo de Cultura Económica, 1976.

La producción es la creación de bienes y servicios. Es la transformación de recursos en productos y servicios. La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados (insumos) y la cantidad de bienes y servicios producidos (salidas).



La medición de la productividad es una manera excelente para evaluar la habilidad de un país para ofrecer una mejora de nivel de vida de sus habitantes.

Únicamente por medio de los incrementos en la productividad puede mejorar el nivel de vida. Más aún, únicamente a través de los incrementos en la productividad pueden la mano de obra, el capital y la administración recibir pagos adicionales. Si los rendimientos a la mano de obra, capital o administración aumentan sin incrementar la productividad, los precios crecen. Por otro lado, la presión hacia la baja en los precios se dará según se incremente la productividad, por que se produce más con los mismos recursos.

El único indicador del dinamismo económico de un país, todas las estadísticas demuestran que existe una estrecha relación entre esta y el nivel de vida de una población. Si el crecimiento de la productividad esta ligado al nivel de la calidad de vida resulta indispensable medir esta productividad e identificar todas las causas que la afecten.

Variables de la productividad.

Este incremento a la productividad consta de tres factores, las variables de productividad:

1. Mano de obra: la contribución de la mano de obra a la mejora de la productividad es el resultado de una fuerza laboral más sana, mejorar educada y mejor fomentada.
2. Capital: Cuando se reduce el capital invertido por un empleado podemos esperar una reducción en la productividad.
3. Las artes y ciencias de la administración: la administración en un factor de la producción y un recurso económico, y las artes y ciencias de la administración proporcionan la mejor productividad para el incremento de la productividad. La administración incluye mejoras llevadas acabo por medio de la tecnología y la utilización del conocimiento.

Para medir la productividad de una empresa son necesarios diversos indicadores, los cuales en su caso nos mostraran los aspectos internos y externos de la empresa.

1. Eficiencia: La eficiencia mide aspectos internos e importantes de la empresa, es la relación entre el producto terminado y la materia prima.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producto Terminado}}{\text{Materia Prima}}$$

Una mala eficiencia dentro de la empresa nos puede indicar los siguientes problemas:

- Capacitación Inadecuada.
- Maquinaria inadecuada
- Lay-out inadecuado
- Materia prima de mala calidad
- Falta de organización
- Carencia de liderazgo
- Planeación y control de la producción deficiente
- Mal mantenimiento

2. Eficacia: Nos indica que tanto aprovechamos los recursos disponibles. Mide que tanto somos capaces de cumplir o de alcanzar nuestra capacidad instalada de acuerdo a los pedidos que tenemos. Mide factores externos de la empresa.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Entradas}}{\text{Capacidad Instalada}}$$

Entiendo como capacidad instalada la producción máxima teórica que puede alcanzar un sistema productivo por unidad de tiempo.

La eficacia nos indicará problemas tales como:

- Escasa cartera de clientes
- Carencia de mercado
- Mala de calidad de producto terminado
- Productos obsoletos
- Competencia feroz
- Mala evaluación del proyecto

En las empresas que miden su productividad la fórmula que se utiliza con más frecuencia es:

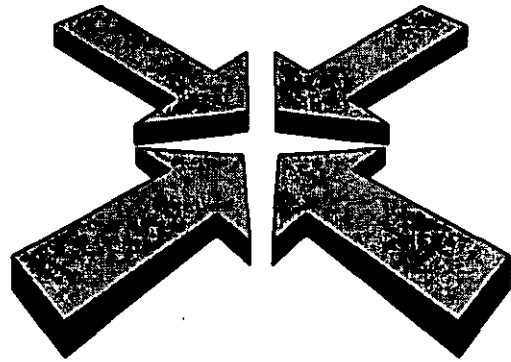
$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} * \text{Eficacia}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Capacidad Instalada}}$$

Esta medida es cuantitativa y no considera en ella el aspecto cualitativo de la producción. Todo costo adicional debería ser incluido en la medida de la productividad. Un producto también puede tener consecuencias benéficas o negativas en los demás productos de la empresa. En efecto, si un producto satisface al cliente este tendrá la tendencia de comprar otros productos de la misma marca; si el cliente ha quedado insatisfecho con un producto tendrá la tendencia a no volver a comprar productos de la misma marca. El costo relacionado con el costo de la empresa y la calidad del producto debería estar incluido en la medida de la productividad.

LOCALIZACION DE PLANTAS INDUSTRIALES

La localización correcta de una planta es tan importante para el éxito como la selección de un buen proceso. Deben de estudiarse cuidadosamente no solo los factores tangibles como la disponibilidad de mano de obra, fuentes de materia prima, sino también un gran número de factores intangibles que van a ser los más difíciles de detectar y sobre todo de evaluar.



La selección del lugar donde ubicar una planta debe basarse en un estudio muy detallado, en el que se deben considerar todos los factores como sean posibles.

Antes de proceder a un estudio de localización de una planta, debe tenerse un conocimiento completo de la organización, del historial del producto, de los datos, de los costos, si es que la fábrica ya existe y de las técnicas de mercado que existen en la compañía. Así como una familia debe conocer sus propias necesidades cuando compra una nueva casa, una compañía debe también conocerse a sí misma antes de decidir sobre el futuro sitio en que va a construirse una nueva planta, pero en ocasiones no es tan fácil obtener toda la información y conocer todos los factores que van a intervenir ya que existe un rápido desarrollo de la industria de procesos. En México muchas empresas, industrias y fábricas han crecido de pequeños negocios familiares a grandes empresas corporativas en el transcurso de pocos años.

Al idear un procedimiento adecuado para estudiar la localización de una planta debe tomarse una decisión en dos extremos. El primero consiste en hacer un estudio estadístico completo para el cual se requerirá una década, y el otro, consiste en un estudio corto basado principalmente en las ideas preconcebidas. Hacer un estudio completo de los miles de lugares posibles para construir la planta es, por supuesto, imposible. Deben buscarse medios para disminuir el número de posibilidades.

Los sistemas de producción están visiblemente influenciados por la ubicación de la planta en dos amplias áreas: la ubicación de la planta tiene una influencia directa sobre los costos de las operaciones de producción y sobre la efectividad de la mercadotecnia; y una vez que se ha decidido sobre la ubicación de la planta, por lo general la empresa permanecerá en el sitio elegido durante varios años o toda su vida. Por tanto los errores que se cometan al tomar la decisión en la ubicación de la planta suele conducir a problemas a largo plazo, que son muy difíciles de solucionar.

Es conveniente diferenciar entre los problemas de ubicación y de emplazamiento: la ubicación es el área general, y el emplazamiento es el lugar escogido dentro de la ubicación. Por tanto, la decisión de elegir el emplazamiento se efectúa en dos etapas: en la primera se escoge el área general, y en la segunda se hace un estudio detallado de esa área para determinar el sitio final.

Si se ha tomado la decisión de construir una nueva planta, entonces se hace necesario el análisis mencionado, que debe iniciarse con la acumulación de datos referentes a los requisitos para la ubicación de la planta, los cuales se pueden obtener por medio de un cuestionario que abarque lo que nos interesa: ¿esta integrada con otras compañías?, ¿cuáles serán los mercados que atenderá esta empresa?, ¿dónde se encuentran las fuentes de materias primas utilizadas por la empresa?, ¿qué tipo de mano de obra se requiere?, ¿qué tipo de transporte se necesita?, ¿cuánto terreno se necesita para la construcción de la planta, y para su exposición futura?, ¿qué tipo de energía se requiere para el proceso de producción?, ¿se requieren condiciones climatológicas especiales? Por lo que se da a continuación una descripción de los factores importantes que hay que considerar en el estudio de terrenos y sitios para la localización de plantas.

1. Integración con otras compañías del grupo.

Si la nueva planta es una de las que opera con el grupo de compañías, deberá de estar ubicada de tal manera que su trabajo se pueda integrar al de las otras plantas asociadas. Por ello necesita considerar a todo el grupo como una entidad, y no como unidades independientes.

2. Materias primas.

La elección de la fuente de materias primas, aunque no esté en el sitio de la planta, es un factor extremadamente importante para su ubicación final. El trabajo del desarrollo de su proceso y los estudios económicos indicarán las normas mínimas para la elección de materias primas.

El mayor impacto de la materia prima sobre las decisiones de ubicación de la planta se presenta en las industrias extractivas. Estas industrias dependen de materiales que provienen del mar, de granjas, de los bosques y de las minas, los demás factores de ubicación pasan a ser secundarios a la ubicación de la materia prima.

Puesto que los costos relativos para el suministro de materias primas varían de una industria a otra, no puede darse una fórmula simplificada. Generalmente, a igualdad de las demás condiciones, una industria tiende a ubicarse en el lugar que le implique el menor recargo por costo de transporte.

Se debe determinar la potencialidad de cada fuente de materia prima a la luz de las necesidades actuales y de las estimadas para el futuro. Se debe hacer un intento para estimar la duración de la fuente de materia prima en función de las necesidades futuras.

Al estudiar los costos de transporte de las materias primas se sugiere la recopilación de las siguientes datos:

- Ubicación de la fuente de cada material.
- Disponibilidad.
- Precio.
- Condiciones de venta.
- Tarifas de transporte al lugar.

El concepto de materia prima incluye productos que han sido comprados parcialmente manufacturados o como componentes completos. Por lo tanto la ubicación de materias primas se extiende por todos los materiales y suministros para manufacturar el producto terminado.

3. Ubicación de mercados.

En la determinación del área que ofrezca las mayores ventajas comerciales, debe ser analizado el nivel de las tarifas de los competidores con el fin de determinar un mercado natural.

Deben ser establecidas nuevas facilidades, en aquellos puestos donde una ventaja en la tarifa puede asegurar el control de un mercado importante y donde pueden ser alcanzados competitivamente por mercados adyacentes.

El ubicar las plantas cerca de los mercados para sus productos y servicios es de capital importancia en la decisión sobre la ubicación de la planta. Si los costos de transporte asociados con el movimiento del producto de la planta a los mercados es un gran porcentaje del costo total del producto, entonces puede ser conveniente construir la planta cerca de los mercados.

Las tarifas de transporte no se determinan por medio de fórmulas matemáticas, pero están preparadas para reflejar las necesidades de ingresos de los transportistas y la relación competitiva entre productos, productores y regiones.

4. Mano de obra.

En el costo de cualquier artículo manufacturado, el de la mano de obra representa un alto porcentaje y es uno de los principales insumos en los sistemas de producción. Cuando una empresa considera una nueva ubicación, necesita contestar a varias preguntas relacionadas con la mano de obra: ¿de cuántos trabajadores potenciales se dispone?, ¿cuáles son los niveles de destreza y preparación?, ¿qué tan productiva es la fuerza de trabajo?, ¿cómo son las relaciones entre las empresas y los trabajadores, y el grado de sindicalismo?, ¿cuál es el patrón de ausentismo y de rotación en la zona?, ¿cuál es el costo de la vida respecto al costo de mano de obra?

El número de empleados disponibles por lo general no es un indicador adecuado de la fuerza de trabajo en sí. En ocasiones la empresa requiere de fuerza de trabajo con destreza o preparación particular. El grado de sindicalismo y las actitudes empresa - trabajadores que prevalezcan en la zona influyen en algunas firmas. Algunas compañías intentan cambiar sus empresas a zonas en las que pueden operar a base de no sindicalismo, sin embargo otras buscan zonas que cuenten con legislaciones sobre el derecho laboral. Otras indagan en zonas en donde existan actitudes empresariales que sean sólidas y positivas. Sin embargo las actitudes empresa - trabajadores son difíciles de determinar a largo plazo, lo que podrían parecer como actitudes favorables en el presente pueden deteriorarse en el futuro y viceversa.

La destreza, las relaciones laborales y el bienestar general de la fuerza laboral afectan materialmente su producción y su eficiencia por lo que cada región que se estudie para la localización de una planta, debe investigarse para determinar la disponibilidad y la destreza del mercado laboral.

Otro factor laboral a estudiar es el nivel de sueldos y salarios y las prestaciones adicionales que existan en cierta comunidad. El sólo costo de la mano de obra no es un indicador adecuado del poder de atracción de una zona dada, por lo que es de vital importancia investigar otro aspecto, que es el relativo a los índices de rotación y ausentismo prevalecientes.

Lo que no hay que perder de vista al evaluar ese factor es que una fuerza laboral estable es valiosa para el éxito en las operaciones de una planta.

Los gastos normales de la comunidad influyen de modo importante sobre el sueldo. Uno de los secretos de la satisfacción obrera es la relación entre el contenido de su sobrepaga y el dinero que emplea para alimentar, vestir y albergar a su familia.

5. Disponibilidad de transporte.

Las redes de transporte constituyen un interesante punto focal para el estudio de los tipos de instalación de transporte y de impacto sobre las decisiones para la ubicación de una planta.

Casi todas las principales ciudades industriales deberían de estar sobre vías acuáticas ya que representa un importante factor de ubicación para las compañías dedicadas a la exportación e importación de productos.

El desarrollo de las vías férreas permiten la expansión de las actividades industriales. Los camiones y los ferrocarriles han proporcionado flexibilidad y rapidez, ya que son medios de transporte comparables.

Los camiones tienen la ventaja sobre los ferrocarriles en términos de flexibilidad. En términos de tránsito urbano, los camiones pueden desplazarse con rapidez y flexibilidad sobre muchas rectas alternas y las horas de llegada y salida pueden variar. Aunque el transporte en camiones ha aumentado en los últimos años puede asegurarse que pocas plantas de proceso podrían existir sin tener acceso cuando menos a un ferrocarril.

Debido al incremento de tráfico aéreo y a la actividad de la industria, en la actualidad es ventajoso estar convenientemente situado cerca de un aeropuerto, sino existe una razón especial, si lo es para comodidad del personal de la compañía que efectúa viajes de negocios. Pocas plantas industriales requerirán de continuos embarques aéreos, pero no es raro recurrir a un embarque aéreo de emergencia para el envío de refacciones para el equipo de la planta.

El express aéreo y ferroviario, así como el servicio postal son necesarios para ciertas fases de la operación de cualquier planta industrial. La disponibilidad y la calidad de tales servicios en una comunidad dada deben de comprobarse por completo.

Otro interesante método de transporte son los ductos que se usan mucho para el transporte de gas natural y petróleo, por lo que en cualquier discusión de transporte para plantas de procesos industriales no se deben pasar por alto.

6. Disponibilidad de infraestructura.

Hay cinco servicios públicos principales que necesitan considerarse:

- Agua.
Fundamentalmente el agua se obtiene de tres fuentes: superficie (agua de ríos, lagos, etc.), subsuelo (manantiales, pozos, etc.) y lluvia.

Cuando los suministros proceden de agua representada (lagos, ríos, etc.) ésta es generalmente clara, dulce y alta en oxígeno, puesto que las impurezas tienden a depositarse durante el almacenamiento y muestran mayor regularidad a la composición. Aunque en algunas temporadas del año los microorganismos y la vegetación pueden añadirle gusto y color, que en ocasiones es perjudicial para algunos procesos de fabricación.

La dispersión de la industria a zonas semirrurales más allá de las tuberías principales de la ciudad, ha despertado vivo interés por el estudio de suministros de aguas subterráneas. La geología de una zona dictará la calidad, cantidad y localización de fuentes subterráneas. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente principal de abastecimiento de aguas subterráneas. La lluvia y la nieve se filtran a través de partículas del terreno, todas las grietas y poros conducen el agua que puede depositarse desde unos cuantos centímetros de la superficie o hasta cientos de metros bajo la misma.

Las industrias de procesos están clasificadas como las mayores consumidoras de agua. Ninguna planta de procesos podría operar sin agua para el enfriamiento y/o de agua pura y potable para usarla directamente como materia prima en ciertas fases de un proceso. Ciertas industrias requieren grandes cantidades de agua, que tengan ciertas características químicas, bacteriológicas y térmicas.

El abastecimiento de agua en una zona, por lo tanto, debe estudiarse, antes de que ésta zona pueda siquiera considerarse como un posible sitio. El abasto de agua nunca debe darse por concedido, aún cuando la región cuente en un momento con agua, ya que a la larga, ciertas áreas pueden convertirse en un problema, puesto que el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial requerirán más agua de la que se pueda disponer localmente.

- Energía (electricidad).

El costo de la energía como porcentaje del costo total de entrega al consumidor en muchas industrias no es importante. Por consiguiente el industrial no traslada o ubica la planta ni establece una sucursal únicamente a causa de una reducción en el costo de la energía. Sin embargo dichos costos constituyen un gasto elevado y constante para muchas industrias, por lo que se deberán ver comparados cuidadosamente junto con la suficiencia, regularidad y tipo de suministro disponible en la zona considerada.

Gran parte de las compañías que analizan la ubicación de una planta están dispuestas a comprar, más que a producir su propia energía.

Si una planta trabaja las 24 horas del día y tiene una cantidad considerable de vapor de escape, puede ser usado en el proceso o puede ser aconsejable para la

producción de calefacción propias con referencia a la adquisición de la energía. Aun así se debe ser cuidadoso en el capital desembolsado para el costo de averías y reparaciones y el costo del servicio de cambios, todos los cuales deben ser repartidos entre el total de kilovatios - hora facturados mensual o anualmente.

Algunos de los factores que se deben considerar cuando se estudia el factor de energía en un área determinada pueden ser los siguientes:

Tipo de servicio (hidráulico, térmico, otros).

Regularidad en los servicios (historia de cortes).

Suficiencia del suministro (restricciones en temporada).

Clave (fase, periodo, voltaje).

Tarifas.

Regulación del combustible.

Concesiones de alumbrado.

Descuentos y multas.

- Combustible (gas).

La importancia del combustible junto con el costo de las materias primas y tarifas de transporte los mercados por los que ha ejercido influencia en la ubicación de un sector importante de este tipo de industria.

Para la operación de una planta deben de analizarse cuidadosamente el costo de todos los combustibles en la zona. Las líneas de tuberías de gas natural en general ponen en disponibilidad gas barato en alguna parte del país. Las industrias situadas lejos de los abastecimiento de gas natural serán las primeras en tener problemas si ocurre una interrupción en el servicio de las tuberías. Cuando se utilizan suministros susceptibles de interrupción el costo de la reserva o las facilidades de almacenaje deben ser consideradas como parte del costo del combustible. La fuente del suministro debe ser cuidadosamente examinada ya que se un peligro depender de un solo yacimiento, sin conexión con otros.

- Otros servicios públicos (recolección de basura, drenaje, etc.)

Siempre deberán evaluarse los servicios públicos, los que por lo general se consideran son electricidad, gas natural, agua y sistemas de drenaje. El drenaje afectará la decisión de la ubicación de una planta. Si el drenaje es malo, el agua superficial puede acumularse alrededor de las plantas durante la temporada de lluvias y causar problemas al terreno y con esto a la empresa o a la materia prima

directamente. En pocos casos los servicios públicos han sido un factor determinante en las decisiones sobre la ubicación de una planta, sin embargo son de importancia fundamental.

7. Eliminación de desperdicios.

La eliminación de los desperdicios y la disminución del ruido pueden ser operaciones rutinarias de la producción o un problema tremendo; el ingeniero estudiará estos factores importantes tanto en las áreas poco pobladas, como en las ciudades muy populosas. En pocos actos se exhibe tanto la falta de principios o de criterio, como el descargar los desechos a la atmósfera o en corrientes cercanas, además de que en ocasiones no es económico.

Le conviene por tanto al ingeniero estudiar la eliminación de desechos y problemas de ruido y considerar los métodos y costos de un programa de control efectivo. Además de que muchos problemas podrán evitarse si se elige correctamente el sitio para la planta.

8. Clima.

Existen dos claras necesidades de las compañías en términos de clima. Lo primero es que el clima debe ser lo bastante benigno para que los trabajadores permanezcan en determinada región, es un hecho que el clima ejerce gran influencia sobre la eficiencia del ser humano y su comportamiento, el deseo de trabajar y la capacidad de producción viene influida por el clima.

Los fabricantes interesados en conseguir condiciones ideales de trabajo deberían buscar un clima con cambios de tiempo frecuente pero moderados y cambios de estación progresivos. Los períodos de lluvias continuas o sol constante, hacen que el clima resulte monótono y pueden reducir la iniciativa y la habilidad.

Segunda, algunas industrias requieren clima de cierto tipo ya que las condiciones climatológicas (humedad, temperatura), afectan adversamente la manufactura. Con el desarrollo de los dispositivos para controlar la temperatura, polvo, humo y humedad, ahora es posible crear el clima deseado dentro de la planta, casi en cualquier lugar del país. Los costos para calentar o acondicionar el aire se pueden estimar con los datos climatológicos de los años anteriores y las experiencias de las plantas construidas.

Debe considerarse la geología del área, es decir, si el subsuelo podrá soportar las cargas a que será sometido. Deben reunirse datos climatológicos correspondientes a cierto número de años para cada comunidad de estudio. Se pondrá atención muy particular a las condiciones climatológicas severas como

huracanes, temblores o inundaciones. Estas catástrofes, que deben considerarse como probables, incrementan el costo de la construcción. Las técnicas modernas de construcción permiten superar cualquier desventaja del terreno y clima, pero el costo puede ser elevado y una buena localización podría evitar un costo inicial inflado.

9. Factores de la comunidad.

Las instalaciones de la comunidad deben ser investigadas cuando se van a tomar decisiones sobre la ubicación de una planta, ya que el bienestar de los empleados que van a ser cambiados a la comunidad es un factor de suma importancia en el éxito de la operación de un sistema de producción. Los factores de la comunidad es uno de los aspectos más importantes en la localización de una planta y a menudo se pasan por alto o se juega muy a la ligera. Es muy difícil obtener información objetiva sobre una comunidad debido a que las fuentes de información como las comisiones industriales o cámaras tienden a presentar opiniones algo parciales debido al afecto natural hacia su propia ciudad.

El estudio de una comunidad debe empezar con un vistazo a su desarrollo histórico. Con éste estudio puede conocerse entre otras cosas, el carácter de la ciudad, incluyendo su actitud general hacia el desarrollo industrial.

Deben revisarse cuidadosamente los factores que las comunidades elegidas ofrecen. Se requieren lugares de esparcimiento para una vida satisfactoria, si estos no existen, a menudo se convierte en una carga para la planta el subsidiarlos. Las comunidades extremadamente pequeñas no ofrecen oportunidades para la diversión que la gente joven necesita y, a menudo, se crea cierto descontento. Cuando las plantas están situadas cerca de alguna ciudad se evitan estos problemas, mientras que las plantas ubicadas en lugares remotos los han superado estableciendo departamentos de diversión y clubes.

Los bancos deben ser dignos de confianza, contar con un personal competente y tener la capacidad suficiente para mejorar las cuentas, tanto de la planta, como de las de sus empleados.

No se debe sobrestimar la importancia que tiene, especialmente para los miembros femeninos de la familia de los trabajadores la existencia de centros comerciales.

Los hoteles adecuados y agradables son siempre apreciados, especialmente cuando el trabajo de los funcionarios de la planta consiste en convivir con visitantes distinguidos.

Se requiere también de la cercanía de hospitales completamente acreditados. En ciudades grandes el transporte es un problema, se debe cuidar de que existan éstos transportes públicos eficientes y económicos.

Los centros de cultura de la comunidad son importantes para el desarrollo, como iglesias, bibliotecas, escuelas, teatros, asociaciones, y otros grupos similares que hacen mucho por la comunidad. Los gerentes de planta que piensan en el futuro se dan cuenta de que los jóvenes de una comunidad serán los empleados del mañana y que en un sistema escolar bueno y oportunidades culturales adecuadas harán en última instancia, mejores empleados. Es conveniente la cercanía de alguna institución educativa de técnicos profesionistas ya que las industrias de procesos dependen bastante del potencial humano técnico y bien preparado.

El gobierno y los impuestos de la comunidad representan factores que tienden a cambiar con los años por lo que los impuestos bajos no garantizan una situación favorable a menos de que la comunidad esté bien desarrollada y no tengan grandes deudas, cuando se investiga la estructura de los impuestos de una comunidad se debe intentar predecir cuál será la fijación de impuestos sobre las ventas, impuestos sobre la renta, licencias, aportaciones para el seguro social y seguros de accidentes industriales, etc.

10. Disponibilidad de locales y atractivos financieros.

La disponibilidad de determinados tipos de locales y los edificios existentes tienen que ver con la relación de la comunidad. Lo que algunas comunidades anuncian como sitios industriales de primera puede ser sólo un terreno agrícola plano, con las mejores intenciones por parte de la comunidad. Tales anuncios pueden ser engañosos desde el punto de vista de los industriales. Los funcionarios gubernamentales, los promotores de terrenos y los industriales pueden no considerar los locales industriales en la misma forma por lo que difieren sus perspectivas y motivos para ubicar plantas.

Muchas comunidades ofrecen atractivos financieros a las compañías para industrias que desean construir plantas en su área como son créditos para urbanización y créditos para construcción de naves o edificios industriales y apoyo a parques industriales.

Por lo general se supone que los costos del terreno debe ser un factor importante para el estudiante que considera en primer lugar el tema de la ubicación de planta, mientras que en realidad, los costos del terreno son uno de los factores de menos importancia. Si consideramos cuál será la inversión total cuando el terreno esté urbanizado, la planta construida, el equipo instalado, la planta trabajando, los medios de transporte ligados; el costo del terreno representa un pequeño porcentaje

de la inversión total. Por lo que la diferencia de unos cuantos miles de pesos entre locales, no debe ser un factor determinante.

FUENTES DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE PLANTA.

La solución de la ubicación de una planta es una tarea muy compleja. El anterior resumen condensadas de los factores que deben determinarse para el estudio de la ubicación de la planta, indica la necesidad de una basta cantidad de información cuantitativa (estadística) y cualitativa. Muchos de lo factores estudiados con anterioridad pueden ser analizados una vez que se ha reunido la información suficiente, Sin embargo el acopio de la información necesaria no es una tarea fácil. Hay varios tipos de organizaciones, que ayudan a los gerentes a la localización de plantas industriales, los ferrocarriles, bancos y compañías de energía eléctrica y de gas natural, suelen contar con personal a cargo del desarrollo industrial y el personal sirve apara asesorar o ayudar a los hombres de empresa a resolver sus problemas sobre la ubicación de la planta, con el motivo de que puedan ofrecer sus servicios o productos.

A nivel local, las cámaras de comercio, los bancos locales, las instituciones para el desarrollo del estado y la agencias de bienes raíces, por lo general están ansiosas para ayudar a los gerentes para reunir información y analizarla. Tales contactos deben hacerse con cuidado.

Los asesores también pueden ayudar a tomar las decisiones de ubicación. estas personas que se especializan en encontrar ubicaciones, tienen ciertas ventajas sobre otras organizaciones, por ser contratadas por la compañía no tiene especial interés en servir a otros que no sean la compañía. Puede mantener la objetividad en la fase final del análisis de la decisión, También puede representar a la compañía como un cliente anónimo y mantener el secreto, lo que es conveniente durante el proceso de reunión de la información, análisis y negociación de la operación.

Las agencias gubernamentales para el desarrollo como Nacional Financiera cuenta con un organismo denominado FIDEIN que es el Fideicomiso para el Estudio y Formato de Conjuntos, Parques y Ciudades Industriales que es el encargado de promover, instalar y reubicar industrias, acorde con las necesidades de las empresas, así como la ubicación de créditos para urbanización y construcción de naves o edificios industriales.

Para este fin se cuenta con un Plan Nacional de Parques Industriales, que presta los siguientes servicios:

1. Estudios y Proyectos.

- Estudios de Prefactibilidad.
- Estudios de Factibilidad.
- Plan Maestro, Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalle.
- Estudios Especiales.

2. Asesoría a Parques Industriales en Operación.

- Administrativos.
- De Comercialización.
- De Promoción Jurídico.

3. Financiamiento.

4. Banco de Información sobre Localización Industrial.

A este respecto existe un Directorio de la Localización Industrial donde se especifican los parques industriales que existen en México en forma de directorio, así como la siguiente información para cada uno de ellos:

- Nombre.
- Ubicación.

Registro.
Propiedad del parque
Zona de estímulos.

- Superficie.

Total.
Urbanizada.
Vendida.
Dispositivos para venta.
En brena.
Brena para venta.

- Tipo de lote. — —

Superficie.
No. de lotes.

- Servicios.

Calles pavimentadas.
Banquetas.
Pavimentación.
Drenaje pluvial.
Drenaje sanitario.
Red hidráulica.
Red de gas.
Red eléctrica.
Alumbrado público.
Líneas telefónicas.
Telex.
Espuela de ferrocarril.

- Municipio.

Infraestructura.
Temperatura media anual.
Precipitación pluvial.

- Principales servicios.

Sucursales bancarias.
Clínicas médicas.
Hospitales.
Hoteles.
Restaurantes.
Tiendas de autoservicio.
Mercados.
Salas de teatro.
Salas de cine.
Deportivos.

- Escuelas disponibles.

Primarias.

Secundarias. -----
Preparatorias.
Universidad.
Tecnológicos.
C. Técnicas.

- Vías de comunicación.

Líneas de teléfono disponibles.
Oficina de telégrafos.
Oficinas telex.
Distancia parque - aeropuerto.

Se anexa una lista de parques industriales que existen en <México actualmente, así como una serie de folletos explicativos que son parte de la información recaudada en FIDEIN.

Este fideicomiso forma parte, por ahora, de Nacional Financiera, que se encuentra ubicada en la torre 2 de Plaza Inn, evo. piso.

ELECCIÓN DEFINITIVA DE LA LOCALIDAD.

Como ya se mencionó la localización de la planta consiste en la elección de un solo sitio para ubicar una empresa, almacén, fábrica, industria, etc. tomando en cuenta toda la información que se tenga y/o se haya conseguido. Esta puede analizarse mediante el método que se describe a continuación:

1. Dividir los factores en dos tipos: Factores que implican costos y factores que no implican costos. Los factores de costos pueden medirse en forma objetiva. Los factores sin costos incluyen diversos aspectos intangibles, tales como actividades de la comunidad, relaciones laborales, relaciones con el gobierno, etc. Aún cuando estos factores pueden ser de naturaleza intangible, pueden evaluarse sistemáticamente y considerarse en una forma lógica junto con los factores de costos.

Algunos de estos costos tangibles que por lo general se encuentran en un problema de localización incluyen:

- Costos de terreno, edificios y equipo.
- Costos de transporte tanto de materia prima como de producto terminado.
- Costos de servicios.
- Costos de mano de obra.
- Impuestos.

Entre los factores que no implican costos pero que si deben considerarse se encuentran:

- Disponibilidad de mano de obra.
- Relaciones laborales y sindicales.
- Actividades de la comunidad.
- Factores de la comunidad.
- Impacto sobre el ambiente.
- Estrategia corporativa.

Una forma de combinar todos estos factores consiste en desarrollar una escala de categorías para cada uno de ellos, de tal manera que se reduzca el juicio administrativo a un porcentaje cuantificable; de esta manera los factores sin costo pueden combinarse con los factores que si lo tiene para llegar a un porcentaje global para cada alternativa:

2. El siguiente paso consiste en desarrollar un esquema de ponderación entre los distintos factores, asignando en forma subjetiva, una categoría específica a la importancia que tiene cada factor en relación con los demás, puede usarse cualquier escala con tal de que exista un total definido.
3. Dar un puntaje para cada factor y para cada alternativa suponiendo que estas categorizaciones subjetivas puedan convertirse en una escala numérica de intervalos con cuentas, donde por ejemplo, excelente (10) es cinco veces mejor que pobre (2). Se puede tomar como ejemplo esta escala [Excelente = 10], muy bueno = 8, bueno = 6, regular = 4, pobre = 2.
4. Multiplicar el peso de los porcentajes de los factores para llegar a un porcentaje total aplicable a cada factor sumando todos estos multiplicadores.

La ubicación que tenga el pontaje total más alto será la mejor alternativa.

El procedimiento que se ha descrito puede resumirse de la siguiente manera:

$$S_j = \sum_{y=1}^m W_i F_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

donde:

- S_j = Puntaje total para la localización j.
- W_i = Ponderación para el factor i.
- F_{ij} = Puntaje para el factor i en la localización j.
- n = Número de localización.
- m = Número de factores.

Ejemplo:

Supóngase que se están considerando dos distintas ciudades para la ubicación de panadería de tamaño mediano, Pachuca y Tulancingo, y se ha obtenido ya la siguiente información.

	Pachuca.	Tulancingo.
Oferta de mano de obra.	Muy buena.	Excelente.
Relaciones laborales y sindicales.	Buena.	Regulares.
Actitudes de la comunidad.	Excelente.	Muy buena.
Disposiciones del gobierno.	Pobres.	Buenas.
Calidad de vida.	Muy buena.	Buena.
Rendimiento anual sobre la inversión.	9%	15%

Se determina una ponderación para cada factor y se le da un puntaje para cada localización de acuerdo a la escala propuesta.

Ponderación.	Pachuca.	Tulancingo.
15 Oferta de mano de obra.	08	10
05 Relaciones laborales y sindicales.	06	04
05 Actividades de la comunidad.	10	08
05 Disposiciones del Gobierno.	02	06
10 Calidad de vida.	08	06
60 Rend. anual sobre la inversión.	06	10

$$S1 = \sum_{i=1}^6 15(8) + 5(6) + 5(10) + 5(2) + 10(8) + 60(6) = 650$$

$$S2 = \sum_{i=1}^6 15(10) + 5(4) + 5(8) + 5(6) + 10(6) + 60(10) = 900$$

Este sistema de puntaje indica que la alternativa 2 Tulancingo es la más conveniente.

Algunos administradores podrán decir que estos supuestos no pueden ser difundidos y que por lo tanto las categorizaciones subjetivas no deben convertirse en

un puntaje cuantitativo, pero los factores subjetivos no pueden incorporarse en forma significativa dentro de la decisión a menos que se desarrolle una base de cuantificación, por lo tanto es mejor cuantificar los factores subjetivos aún cuando el resultado pueda ser impreciso.

En algunos tipos de decisiones es muy importante que todos los factores tengan categorizaciones relativamente altas en la alternativa que se haya seleccionado, En este caso un modelo multiplicativo podría ser más apropiado que un modelo aditivo de puntaje. Así el puntaje total para la localización j puede calcularse de la siguiente manera.

$$S_j = \prod_{i=1}^n \frac{W_i}{F_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Así con este modelo, cualquier factor individual que tenga un puntaje bajo causará un puntaje global en el producto. La ponderación es no lineal, ya que actúa el factor mediante las ponderaciones exponenciales que se usan. Al elegir este modelo multiplicativo de puntaje en lugar del modelo aditivo, debe recordarse que el modelo multiplicativo tenderá a favorecer aquellas alternativas que no tengan baja categorización en ninguna de las escalas de los factores.

Los métodos expuestos pueden aplicarse a casi cualquier tipo de problemas de localización en el que se incluya una sola instalación y pueden ser aplicados a problemas de localización de fábricas, hospitales, edificios, comercios, etc.

Método de transporte

El método de transporte es un proceso de investigación y evaluación que abarca cinco pasos.

Paso 1.

Los problemas de transporte se presentan de manera tabular porque es muy conveniente para aplicar procedimientos especiales de solución. La siguiente tabla muestra, a manera de ejemplo el problema de distribución de la empresa "Tomate verde". Dicha tabla se explica en seguida.

De la planta \ Al almacén	R	S	T	Oferta
A	1	2	3	200
B	4	1	5	100

Demanda	80	120	60	300
				260

Lado izquierdo: Las fuentes de abastecimiento (plantas) se enlistan a la izquierda. Cada fuente está representada por una flecha.

Arriba: Los puntos de destino (almacenes) se colocan en la parte superior. Cada punto de destino está representado por una columna.

Lado derecho: Esta columna indica la capacidad de abastecimiento que tienen las fuentes.

Abajo: Aquí se ponen los requerimientos (demanda) de cada punto de destino.

Al centro: El centro de la tabla se compone de casilleros; en este caso hay seis.

Cada uno está designado con la letra de su renglón y su columna; por ejemplo, el casillero AR se encuentra en el renglón A y la columna R. Los costos de remisión correspondientes (por tonelada) se indican en el ángulo superior derecho de cada casillero. Para cada casillero hay que determinar la cantidad que se remitirá desde la planta que está en ese renglón hasta el almacén que está en esa columna.

Paso 2.

Equilibrar la tabla: El empleo de la técnica de transportación requiere que el problema esté equilibrado; es decir, que la oferta total iguale a la demanda total. Si la matriz no está equilibrada, hay que hacerlo.

Esta matriz se equilibra agregando una columna o renglón, según sea el caso (llamada a veces, "destino ficticio"). La cantidad que aparece es igual al exceso de oferta, esto garantiza que toda la capacidad excesiva será absorbida por el punto ficticio.

Destino \ Fuente	R	S	T	D (ficticio)	Oferta
A	1	2	3	0	200
B	4	1	5	0	100
Demanda	80	120	60	40 *exceso de oferta	300

Paso 3.

La solución factible inicial: Se puede encontrar una solución inicial por diversos procedimientos. En seguida se demuestra uno de ellos: la asignación inicial por la regla del ángulo noreste.

- Comenzando por el ángulo noreste (superior izquierdo de la tabla), se asigna la cantidad más pequeña ya sea del renglón de oferta o de la columna de demanda.
- La cantidad asignada se resta del renglón de oferta y de la columna de demanda.
- Si la demanda de la columna está ahora en cero; se pasa al casillero siguiente de la derecha; si la demanda del renglón es de cero, se pasa al casillero del renglón siguiente.
- Una vez identificado un casillero según el paso c, se le asigna una cantidad según el paso a.
- Se repiten los pasos del a al d hasta que toda la oferta y toda la demanda estén en cero.

La ventaja de esta regla es que se trata de un proceso mecánico muy sencillo.

Solución inicial por la regla de la esquina noreste.

Destino \ Fuente	R	S	T	Oferta	Oferta restante
A	80	20		100	0
B		100	10	110	0
D (ficticia)			50	50	0
Demanda	80	120	60	260	

La solución inicial indica las remesas siguientes:

80 toneladas de A a R con un costo de	$80 \times 1 = \$ 80$
20 toneladas de A a S con un costo de	$20 \times 2 = 40$
100 toneladas de B a S con un costo de	$100 \times 1 = 100$
10 toneladas de B a T con un costo de	$10 \times 5 = 50$
50 toneladas de D a T sin costo	$= \underline{0}$
Total	\$270

Obsérvese que el almacén T obtiene supuestamente 50 toneladas de D; o sea que hay un faltante (demanda no satisfecha) de 50 toneladas en el almacén T.

Cuando se ha encontrado una solución inicial, se puede llevar a cabo la prueba de optimización.

Paso 4.

Prueba para condiciones óptimas: La finalidad de esta prueba es determinar si la solución propuesta es óptima o no. Para cada casillero vacío se examina el efecto que resulta cambiándolo a un casillero ocupado. Si cualesquiera de esos cambios resultan

favorables, la solución no es óptima y hay que buscar otra. Al método general que se aplica para calcular el efecto de esos cambios se le denomina "método de escalones".

El método de escalones: El método de escalones lleva a cabo los dos pasos finales de algoritmo combinado de transportación.

Paso 4: Prueba de Condiciones Óptimas. Esta se lleva acabo calculando los "Evaluadores de Casilleros" de todos los casilleros vacíos.

Paso 5: Mejoramiento de una solución que no es óptima. Esto se realiza haciendo lo siguiente:

- 1 Identificar el casillero entrante.
- 2 Diseñar una solución mejorada.

Detalles del paso 4: Comenzar estableciendo un circuito cerrado. El "evaluador" de un casillero vacío es un número que indica el cambio que resulta en el costo ocupando ese casillero en vez de uno de los acupados actualmente. Para llenar un casillero vacío se debe de hacer una transferencia desde uno que este ocupado actualmente. Esa transferencia, sujeta a las restricciones de oferta y demanda, afecta a un total de 4 o más casilleros. El evaluador se calcula determinando el efecto general que se produce en el costo total del traslado de una unidad a ese casillero vacío. Los signos de los evaluadores permiten probar las condiciones óptimas.

En la siguiente tabla se demuestra la manera de calcular el evaluador del casillero vacío AT. Desde el casillero ocupado AS se traslada una unidad hasta AT. Al casillero AT se le llama casillero ganador y se le pone un signo "+"; al casillero AS se le llama casillero perdedor y se le pone un signo "-". Sin embargo, pues que se llevó una unidad al casillero AT la columna T tiene ahora $1+10+50=61$, o sea más de las sesenta requeridas por tanto, para mantener el requisito de demanda, se traslada una unidad del casillero ocupado BT al casillero ocupado BS. El nuevo número de unidades de cada casillero se encierran en un círculo.

Como resultado de esta operación se mantienen los requisitos de la ofertan del renglón.

Todo el proceso de movimiento esta indicado por un circuito cerrado de flechas. Dicho círculo afecta por lo menos a 4 casilleros y a veces a más.

Destino \ Fuente	R	S	T	Oferta
A	1	19	2	100
B	4	101	1	110
D (ficticia)	0	0	0	50
Demanda	80	120	60	260

Regla para trazar cada circuito cerrado: Cuando se traza un circuito cerrado se comienza con el casillero vacío que se va a evaluar y se dibuja una flecha desde él hasta un casillero ocupado del mismo renglón (o columna). Sólo se usa casilleros ocupados, ya que de otro modo claro a cual casillero desocupado corresponde el evaluador. En seguida se pasa en sentido vertical u horizontal nunca en diagonal a otro casillero ocupado. Se sigue igual procedimiento hasta otros casilleros ocupados hasta volver al casillero vacío original. En cada cambio de dirección del circuito se ponen alternativamente signos más y signos menos en los casilleros, comenzando con un signo + en el casillero vacío una restricción más, muy importante, es que debe haber un casillero positivo y exactamente un casillero negativo en cualquier renglón o columna por las cuales cambia de dirección el circuito. Se impone esta restricción a fin de garantizar los requerimientos de oferta y demanda no serán violados al trasladar las unidades. Obsérvese que deben participar un número par de cuatro casilleros por lo menos en un circuito y que los casilleros ocupados se pueden visitar una vez solamente.

Evaluación del casillero AT: Calcúlese el efecto producido en el costo por los cambios debidos a la decisión de remitir una unidad al casillero vacío AT. En los casilleros AT y BS se agrega una unidad, de manera que el costo adicional será $(3+1)=4$. En los casilleros BT y AS se suprime una unidad reduciéndose el costo en $(5+2)=7$. De manera que al llevar a cabo este intercambio uno aumenta el costo total en 4 y simultáneamente lo disminuye en 7; es decir, altera el costo total en $4-7=-3$. Este valor de -3 viene a ser el evaluador del casillero AT. El signo menos indica una disminución del costo; es decir, la transacción es favorable en este caso.

Definición: El evaluador es la suma de todos los costos de todos los casilleros que ganaron una unidad, menos la suma de los costos de todos los casilleros que perdieron una unidad.

Este proceso de evaluación se debe aplicar ahora a todos los casilleros desocupados.

Análisis de costo: Trazando estos circuitos cerrados se pueden evaluar todos los casilleros vacíos de la solución inicial. Los resultados son los siguientes:

Casillero vacío	Evaluador
AT	-3
BR	+4
DR	+5
DS	+4

Prueba de condiciones óptimas: Una vez calculados los evaluadores de todos los casilleros vacíos, se examinan sus signos.

Paso 5

Mejoramiento de una solución que no es óptima: Después de descubrir que una solución no es óptima, el paso siguiente del algoritmo de transportación es encontrar una mejor solución. Las operaciones de este paso son las siguientes:

1. Identificar el casillero entrante (el casillero vacío que se va a ocupar). En un caso de minimización, el casillero entrante se localiza identificando el evaluador más negativo. En el ejemplo, el casillero entrante es AT (puesto que solo un casillero es negativo).
2. Diseñar una solución mejorada. Una vez identificado el casillero entrante, se lleva a cabo una mejora trasladando tantas unidades como sea posible a lo largo del circuito cerrado hasta ese casillero vacío. El límite de este proceso se alcanza cuando uno de los dos casilleros perdedores quede vacío. En este caso, de los dos casilleros perdedores de la tabla anterior, AS Y BT, el BT se vacía primero, cuando se trasladan 10 unidades alrededor del circuito cerrado (10 de BT a BS, 10 AS a AT). La solución mejorada aparece en la siguiente tabla. Una vez encontrada una solución mejor, se repite la prueba de condiciones óptimas. (paso 4).

Prueba de condiciones óptimas: Se calculan los evaluadores de todos los casilleros vacíos. Los resultados son los siguientes:

Casillero vacío	Evaluador
BR	+4
BT	+3
DR	+2
DS	+1

Puesto que todos los casilleros vacíos tienen evaluadores no negativos, se ha obtenido una solución óptima. Esta solución indica la remesa de

80 unidades de A a R con un costo de \$1 por tonelada	\$ 80
10 unidades de A a S con un costo de \$2 por tonelada	20
10 unidades de A a T con un costo de \$3 por tonelada	30
110 unidades de B a S con un costo de \$1 por tonelada	110
50 unidades del punto ficticio a T, sin costo	<u>0</u>
Costo total	\$240

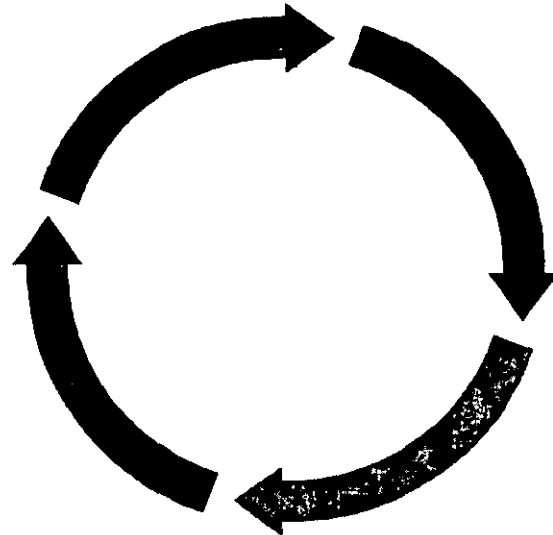
Esto comparado con la solución original del ángulo noreste, representa una reducción de \$30 en el costo. Obsérvese que, en realidad, la demanda del punto de destino T no se ha satisfecho enteramente, puesto que 50 unidades aparecen remitidas desde la fuente ficticia D.

Destino \ Fuente	R	S	T	Oferta
A	80	10	10	100
B	4	110	5	110
D (ficticia)	0	0	50	50
Demanda	80	120	60	260

Distribución de planta

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

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



OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

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

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

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

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

- Minimizar distancias en el movimiento de los materiales.

Una buena distribución debe minimizar tanto los costos y el tiempo, como las distancias para mover los materiales a través de los procesos de producción. En algunas compañías en uso de máquinas de transferencia solo requiere que se alimenten las máquinas con materia prima por un extremo del sistema de producción y que los productos sean retirados por el otro extremo.

La industria cervecera es un buen ejemplo, ya que los procesos están arreglados de tal manera que la cerveza va de la primera preparación al envase sin ser tocadas por manos humanas.

- Circulación del trabajo a través de la planta.

Distribuyendo el número de máquinas adecuadas en la posición correcta en una planta, el ingeniero industrial puede lograr el equilibrio en el proceso de producción y se pueden evitar cuellos de botella. Las interferencias de las máquinas se presentan en varias formas dentro de las operaciones de producción, incluyendo ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones y calor, y estas interferencias afectan el buen desempeño del trabajo del personal, por lo tanto el analista tratará de minimizarlas, y si esto no es posible aislará las máquinas que sean causa del problema.

- Utilización efectiva de todo el espacio.

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

- Satisfacción y seguridad para los obreros.

Una buena distribución de planta debe proporcionar una efectiva utilización de la mano de obra. Los trabajadores no deberán tener exceso de tiempo ocioso, o tener que recorrer grandes distancias por sus herramientas, plantillas u otros suministros. El personal de mantenimiento debe tener fácil acceso a las máquinas para repararlos, operarlos y limpiarlos. Una buena distribución de la planta debe crear un ambiente

favorable par la formación de una moral elevada, en ocasiones con movimientos sencillos en la distribución puede lograrse.

En términos de salud una buena distribución debe comprender el adecuado suministro de aire, de ductos adecuados para la eliminación de polvo, rocío de pintura, y otras partículas de aire. Deben dejarse espacios entre los trabajadores y las máquinas en movimiento, protección para las herramientas de corte, sierras y otras provisiones.

- Disposición flexible.

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

El Ingeniero Industrial debe buscar la máxima flexibilidad para la conjugación de máquinas, hombres, materiales, procesos, productos, espacio de piso y muchos otros factores.

TIPOS BÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN.

- Distribución por posición fija.

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

- Distribución por proceso o función.

Es que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas. En la industria de la confección, el corte de la tela se hace en una zona, el cosido en otra, el acabado en una tercera, etc. Este sistema de distribución se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria. Ejemplo: talleres de mantenimiento, fábrica de hilados.

- Producto o línea denominada producción en cadena.

En este caso, toda la maquinaria y equipo necesario para fabricar determinado producto se agrupa en una misma zona y se ordenan de acuerdo al proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que existe una elevada demanda de uno o varios productos más o menos normalizados. Ejemplos: embotelladora de refrescos, montaje de automóviles, enlatado de cervezas, etc.

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

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

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

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

El sistema de producción continua generalmente utiliza una distribución por producto. Este arreglo agrupa a los trabajadores, materiales, máquinas y servicios de apoyo sobre la base de la secuencia.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PROCESO.

- Se tiene mayor flexibilidad en la producción de productos diferentes, en la distribución de máquinas y en la asignación de empleados, y la distribución está adaptada a una demanda intermitente.
- Se puede usar máquinas de propósito general, que cuestan menos que las máquinas especializadas, no se deprecian tan rápido y no se convierten rápidamente en obsoletas,
- Las distribuciones por proceso son menos vulnerables a las interrupciones. Si una máquina sufre algún deterioro las otras pueden seguir trabajando y el trabajo puede pasarse a otras máquinas similares.
- Por lo general existe una inversión financiera menor en las máquinas y en el equipo de apoyo.
- En la distribución por proceso, las máquinas, pueden ubicarse en áreas separadas, y no dependen de una secuencia dada, por lo que es posible aislar las máquinas que producen ruido excesivo: polvo, vibraciones, emanaciones, o calor.
- Se pueden utilizar sistemas de incentivos, puesto que el ritmo de trabajo por lo general se fija por lo obreros y no por las máquinas, tampoco por las líneas transportadoras que suelen encontrarse en las distribuciones por producto.

DESVENTAJAS DE LAS DISTRIBUCIONES POR PROCESO.

- El manejo de materiales es lento y difícil, como hay variedad de trabajos que se hacen al mismo tiempo, los materiales se transportan por muchas rutas que implica generalmente acarreos y re - acarreos de un lugar a otro.
- La programación y ruta de las ordenes de producción resulta difícil, ya que para cada producto se requiere de una ruta especial, y en ocasiones se forman cuellos de botella por el retraso de ordenes y por lo general no es fácil mantener equilibrada una línea de producción.

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

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO.

- El costo de producción en línea por lo general es más barato.
- Los productos se mueven a través de la planta con mayor rapidez debido a que gran parte del equipo es mecanizado y de trayectoria fija.
- El costo por manejo de materiales suele ser más barato por unidad producida.
- El balanceo de la línea es mucho más sencillo de conservar al igual que la ruta y la programación cronológica.
- Los requisitos de inventarios suelen ser menores que en la distribución por proceso. Se requiere un suministro de materiales continuo, pero el ritmo de su utilización es uniforme pudiendo utilizar planeación "justo a tiempo".

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO.

- La interrupción en una máquina por descompostura o ausentismo del personal puede provocar el cierre o paro de la línea de producción, como las máquinas están puestas en secuencia de principio a fin, si se sufre cualquier interrupción en algún paso del proceso afecta a toda la operación.
- Como la distribución por producto es relativamente rígida, las partes deben ser uniformes, el diseño del producto debe ser estable y debe mantenerse intercambiabilidad en las partes (autos).
- Debe mantenerse un volumen elevado de producción para asegurar un retorno sobre la gran inversión en las máquinas de propósito particular.
- Es difícil de aislar las máquinas que producen ruido excesivo, polvo, vibraciones, emanaciones o calor.

- Los planes de incentivos son difíciles de aplicar y sostener ya que el ritmo de trabajo lo imponen las máquinas, aunque existen alternativas para compensar ésta desventaja.

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

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

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA.

- Se reduce manipulación de la unidad principal de montaje.
- Los obreros especializados pueden completar su trabajo en un punto y la responsabilidad de la calidad queda fijada en una persona o grupo del montaje.
- Es posible hacer cambios frecuentes en los productos o en el diseño del producto y en la secuencia de operaciones.
- La distribución está adaptada a variedades del producto y a una demanda intermitente.
- Es más flexible, no requiere una técnica de distribución costosa y muy organizada.
- Las interrupciones en una parte del proyecto, no detiene necesariamente a toda la operación de producción, y en muchos casos es posible cambiar la secuencia de las operaciones.

DESVENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA.

- Se requieren de trabajadores muy especializados.
- Se incrementa la manipulación de materiales y herramientas en el lugar del montaje.
- Sólo sirve para pocas unidades producidas al mes o al año.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

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

CRITERIOS PARA UNA BUENA DISTRIBUCIÓN.

Las técnicas empleadas para determinar una buena distribución deben satisfacer las condiciones de ergonomía, sin embargo existen otros criterios que pueden satisfacer una buena distribución.

- **Flexibilidad máxima,** una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes, los puntos de abastecimiento deben ser amplios y de fácil acceso.
- **Coordinación máxima.** La recepción y envíos en cualquier departamento debe plantearse de la manera más conveniente para ambos departamentos. La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas.
- **Utilización máxima del espacio.** Una planta debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio arriba del piso, se pueden instalar transportadores a una altura superior a la de la cabeza o usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso o pueden suspenderse herramientas y equipo del techo.
- **Visibilidad máxima.** Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento, no debe haber rincones en los que puedan extraviarse los objetos. Todo cancel o pared divisoria debe pasar por un cuidadoso estudio ya que reduce el espacio disponible y además origina una separación en ocasiones indeseable.
- **Accesibilidad máxima.** Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil sobre todo para evitar riesgos y peligros.
- **Distancia mínima.** Los movimientos deben ser necesarios y directos. El manejo de los materiales y productos durante el proceso incrementa el costo del producto y no su valor, por lo que deben evitarse en lo posible los anaqueles para almacenamientos temporales.
- **Manejo mínimo.** El manejo óptimo es el manejo nulo, pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo usando transportadores, montacargas, toboganes, rampas, carretillas. El material con el que se está trabajando debe mantenerse a la altura de la mesa de trabajo y no colocarse en el piso si ha de tenerse que levantar después.

- Incomodidad mínima. Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo, y si es posible contrarrestar.
- Seguridad. Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona deberá estar expuesta a peligros. Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operan el equipo sino también de las que pasen cerca. Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general.
- Flujo unidireccional. No deben cruzarse las rutas de trabajo con las de transporte. Todo el material en una fábrica debe fluir en una dirección solamente, y una distribución que no se ajuste a esto ocasionará dificultades sino es que un verdadero caos.
- Rutas visibles e identificación, Deben proveerse rutas definidas de recorrido y de ser posible deben marcarse claramente, ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamiento ni aún en forma temporal. Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano.

PASOS PARA LOGRAR UNA BUENA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

- Establecer el problema.

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

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

- Conseguir datos reales.

Como en cualquier problema de ingeniería, si conseguimos los datos reales, la solución se obtiene con sencillez en muchos casos. Sin datos habrá de basarse en opiniones o supuestos. Se deben reunir datos sobre el material y los productos

terminados, la maquinaria, el equipo, el personal y los demás factores que intervienen. Estar convencidos que son datos reales, reunidos por medidas actuales, cifras aprobadas. No debemos basarnos en ideas, registros o dibujos inexactos, dudosos o atrasados. (Utilizar diagramas vistos en estudio del trabajo).

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

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

- Analizar y decidir la mejor solución.

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

- Ejecutar acción para la aprobación e instalación de la fase siguiente.

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

- Continuación.

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

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

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

Los problemas de distribución de planta para procesos intermitentes caen dentro de dos categorías: Los que involucran criterios cuantitativos de decisión y los que involucran criterios cualitativos. Los problemas que implican criterios cuantitativos requieren decisiones que pueden ser expresadas en términos medibles, tales como el costo de manejo de materiales, tiempo de viajes de clientes o distancias. En las decisiones de distribución de planta que implican criterios cualitativos deben establecerse las cualidades que cada operación debe cumplir o las cualidades de cada departamento o lugar de trabajo. Por ejemplo, puede ser muy conveniente aislar los departamentos de pintura y soldadura por razones de seguridad y prevención de incendios. Estas relaciones, son de naturaleza cualitativa; por lo que se tienen métodos para resolver problemas cualitativos o otros para problemas cuantitativos.

CRITERIOS CUANTITATIVOS.

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

$$c = \sum_i \sum_j T_{ij} C_{ij} D_{ij}$$

donde:

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

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

D_{ij} = Distancia de i a j .

C = Costo total.

N = Número de departamentos.

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

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

Considérese una planta que produce miniautos de juguete y que para ello usa los departamentos siguientes:

Depto. Número.	Nombre del departamento.	Área (m ²)
1	Pintura	500
2	Corte de materiales	350
3	Soldadura	600
4	Motores pequeños	225
5	Trabajos de metales	600
6	Controles	275
7	Ruedas y llantas	500
8	Ensamble final	600

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

El paso número 1 para la solución del problema consiste en determinar el número de viajes que ocurren entre cada par de documentos. Para poder obtener el número de viajes se toman como base las hojas de ruta (diagramas de proceso) de cada uno de los productos y los volúmenes futuros estimados de los productos.

Matriz de viajes \$ T_{ij} semanal.

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

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

El paso número 2 consiste en determinar el costo del manejo de materiales por unidad de distancia recorrida en cada viaje. Este costo puede variar entre cada par de departamentos en atención a que se usen distintos métodos de manejo de materiales. (Carretillas, carritos manuales o montacargas, etc.)

Matriz de costos \$ C_{ij}

El paso número 3 consiste en determinar las distancias que existen entre cada par de departamentos, las cuales dependerán de la distribución de planta que se haya elegido.

Pintura	Motores pequeños	Trabajo de metales	Ruedas y llantas	Muelle de recepción
1	3	5	7	
Corte de metales	Soldadura	Controles	Ensamble final	Muelle de embarque
2	4	6	8	

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

Se ha especificado ya la matriz de número de viajes (T_{ij}) la matriz de costos (C_{ij}) y la matriz de distancias (D_{ij}) para la distribución de planta particular. Con estos datos es posible calcular el costo total del manejo de materiales para cada par de departamentos. La matriz de costos total se calculó multiplicando los elementos T_{ij} , C_{ij} , D_{ij} , correspondiente a las tres matrices anteriores por ejemplo para el departamento 1 a 2 el costo de manejo de materiales es $(75)(0.5)(0.30) = \$ 112.50$ y el costo total de todos éstos nos da un costo total de $C = \$ 3, 668.50$ por semana.

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

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

Por ejemplo si cambiamos el departamento 4 por el 5 , el costo es de $\$ 3,144.50$ y la matriz de costos ajustada debido al intercambio se muestra en la figura siguiente. Se podrían considerar otros intercambios que podrían reducir aún más los costos sin embargo no se puede así llegar a una solución óptima por éste método manual, a menos de que se evaluarán todas las alternativas de cambios de departamento que en éste caso serían 8. Son embargo, existen algunos métodos de computadora para la solución de problemas a gran escala.

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

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

El método de transporte de programación lineal se refiere al análisis de cierto número de variables y parámetros en forma de una rejilla. Este método como los otro proporciona la solución óptima en términos de minimizar o maximizar la función

objetivo. Al igual que el método simplex, también implica varios ciclos de análisis repetitivos o interacciones, antes de que se llegue a la solución óptima. También existen programas de computadora para el método de transporte que reduce el tiempo para llegar a una solución.

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

CRITEROS CUALITATIVOS.

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

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

Para poder ilustrar mejor éste método lo haremos a través de un ejemplo, haremos una redistribución de un supermercado típico.

Se tienen en el supermercado los departamentos siguientes con sus respectivas necesidades de espacio:

	Departamento	Área (m ²)
1	Frutas, verduras y carne	1,900
2	Alimentos congelados	1,700
3	Abarrotes secos	2,800
4	Recepción	1,000
5	Alimentos enlatados	1,500
6	Área de salida	1,100
7	Panes y bocadillos	900
8	Productos no alimenticios	800

El paso número 1 consiste en establecer la jerarquización que regirá dentro del supermercado y cuales son los límites y el código con el que se va a distinguir.

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

El paso número 2 consiste en obtener las razones para la relación e identificación con un código de esta razón o justificación.

Código	Razón
a	Manejo de materiales
b	Facilidad de supervisión
c	Personal común
d	Convivencia del cliente
e	Mejoras en la venta
f	Apariencia

* Pueden añadirse otras.

El paso número 3 consiste en realizar una matriz muy parecida al del problema cuantitativo en donde son arregladas la relación y la razón de cada departamento.

El paso número 4 consiste en que una vez especificadas las relaciones cualitativas, es necesario encontrar la forma de resolver el problema. Cuando se trata de problemas pequeños, éstos pueden hacerse por inspección visual. En éste caso sólo se tratará de colocar cerca los departamentos que sean absolutamente necesarios y las relaciones departamentales queden satisfechas colocando los departamentos lo más separado posible.

El paso número 5 consiste en que una vez que se ha decidido sobre la relación entre cada departamento esta debe encajar en la forma del terreno con que se cuente, y por ello hacemos plantillas a escala para cada departamento y se colocan sobre un plano también a escala, no olvidando especificar muros, puertas, sólidos, etc. y sobre el plano que juega hasta encontrar la solución "óptima".

Cuando se trata de problemas más grandes, la solución no puede obtenerse mediante inspección, sino que deben usarse métodos computarizados por medio de los cuales se intente considerar todas las relaciones específicas y llegar a una solución óptima (ó satisfactoria). Estos métodos requieren que las relaciones cualitativas se conviertan en una escala numérica y se pueda resolver mediante un algoritmo.

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

La planeación computarizada de la distribución de planta para procesos intermitentes ha evolucionado desde 1963 cuando se desarrollo el programa CRAFT para criterios cuantitativos, y el CORELAP y ALDEP para criterios cualitativos.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA PROCESOS EN LÍNEA.

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

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

Existen varias maneras según el caso que se trate para balancear las líneas de producción, veremos y ejemplificaremos a continuación las más clásicas y frecuentes que se presentan.

El balanceo de líneas clásico consiste en resolver el problema a partir del final de la línea, y de acuerdo con los datos necesarios para balancear, como son los

volúmenes de producción, lista de operaciones y secuencias de éstos tiempos requeridos, se va programando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Veamos el siguiente ejemplo:

Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 Kg. diarios de hilo de algodón. El proceso es el siguiente:

Limpieza de algodón → Cardado → Estirado → Torcido → Hilado

* Apuntes del Ing. Juan José D' Mateo C.
Fac. de Ing. UNAM. Diseño de sistemas productivos.

Sabiendo que al final debe salir 10,000 Kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 Kg/día), determinamos que se requieren $1000/100 = 100$ máquinas, conociendo a través del departamento de Ing. Industrial que un operario puede atender 13 máquinas determinaremos que necesitamos $100/13 = 7.6$ operarios, por lo que se tomarán 8 y el operario que tenga menos carga de trabajo se le podrán asignar algunas tareas extras como pudieran ser lubricación, movimiento de materiales, limpieza, etc.

Pasamos a torcido donde el porcentaje estándar de defectuoso de hiladoras es (5%), por lo que se determina que deberán salir 10,500 Kg/día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De ésta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo. Es de notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues éstos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

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

Por ejemplo, tenemos una línea de 8 operaciones:

Operación No.	Tiempo estándar (min/pza.)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

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

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

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

$$\text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de fabricación por pieza} = \text{No. de operarios por operación}$$

* "Ingeniería Industrial", Niebel, Serv y Rep. de Ing.

No. de oper. Tiempo est. Tiempo est. / 0.685 No.de operarios

1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.60	6
5	1.23	1.80	2
6	1.29	1.88	2
7	2.28	3.32	3
8	1.26	1.84	2

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

$$E = \text{Minutos estándar} / \text{Minutos reales}$$

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

$$\text{No. de oper.} = \frac{\text{Tiempo est.} \times \text{Tiempo real} = \text{Min. reales} / 0.685}{\text{T. Est.} / E} \quad \text{Operarios}$$

1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.72	2.52	3
3	2.58	3.225	4.7	5
4	3.84	4.8	7.0	7
5	1.27	1.59	2.25	2
6	1.29	1.61	2.35	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2

Para saber cual es la operación más lenta, dividimos el tiempo real de cada operación entre el número estimado de operaciones para cada una de las 8 operaciones.

Operación	Tiempo real / No. de operadores
1	$1.56 / 2 = 0.78 \text{ min.}$
2	$1.72 / 3 = 0.57 \text{ min.}$
3	$3.225 / 5 = 0.64 \text{ min.}$
4	$4.80 / 7 = 0.68 \text{ min.}$
5	$1.54 / 2 = 0.77 \text{ min.}$
6	$1.61 / 2 = 8.805 \text{ min.}$
7	$2.85 / 4 = 0.71 \text{ min.}$
8	$1.58 / 2 = 0.79 \text{ min.}$

En consecuencia la operación 6 determinará la velocidad de la línea que en este caso será:

$$\text{Velocidad de la línea} = 480 / 0.805 = 596 \text{ pzas.}$$

Por lo que determinaremos que faltan $700 - 596 = 104$ pzas.

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

- Haciendo que uno de los operarios trabaje horas extras. $104 \times 0.805 = 83.7$ min. de tiempo extra.
- Utilizando los servicios de un tercer hombre (a medio tiempo) en el puesto número 6.

- Mejorando el método de la operación número 6 para disminuir su ciclo de trabajo.

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

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

Paso 1. El primer paso para la resolución del problema es la determinación de la secuencia de los elementos de trabajo. Para determinar la secuencia de los elementos, el analista debe preguntar y responder a la pregunta:

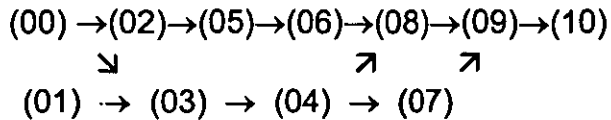
¿Qué otros elementos de trabajo o tarea, si hubiera, deben quedar terminados antes de que se pueda iniciar éste elemento de trabajo?. Se recomienda hacer un diagrama para la línea de producción.

Para poder ejemplificar cada uno de los pasos se hará como los otros métodos por medio de un ejercicio:

Considérese que se requiere una producción de 300 unidades / día de un determinado producto, se calcula un margen de error del 15 % de productos, y una eficiencia del 10 % con las operaciones siguientes y su tiempo estándar para cada unidad.

Unidad de trabajo (tarea)	Tiempo estándar para cada unidad (min.)
00	0.46
01	0.35
02	0.25
03	0.22
04	1.10
05	0.87
06	0.28
07	0.72
08	1.32
09	0.49
10	0.55

El diagrama de precedencias es éste.



Se ve en éste diagrama que la unidad de trabajo (00) se debe terminar antes que (02), (03), (05), (06), (04), (07), (08), (09) y (10); y que la unidad de trabajo (01) debe ser terminada antes que las (03), (04), (07), (08), (09) y (10). La unidad (00) o la (01) pueden ser la primera o realizarse simultáneamente, la unidad de trabajo (03) no se puede iniciar hasta que las unidades (00) y (01) están terminadas y así sucesivamente.

Paso 2. Para describir éstas relaciones se utiliza una matriz de procedencia, en éste caso marcamos con el número 1 la relación que "debe preceder a", por ejemplo la unidad de trabajo (00) debe preceder a las unidades (02), (03), (04), (05), (06), (07), (08), (09), y (10) asimismo la unidad de trabajo (09) debe proceder sólo a la (10).

Paso 3. Ahora debe calcularse el peso posicional para cada unidad. Esto se realiza calculando la suma de cada unidad de trabajo que deben seguirla; por lo tanto el peso posicional corresponde a la unidad de trabajo (00) será:

$$(00,02,03, 04,05, 06, 07, 08, 09, 10) = 0.46 + 0.25+ 0.22 + 1.10 + 0.87 + 0.28 + 0.72 + 1.32 + 0.49 + 0.55) = 6.26$$

Elemento de trabajo (tarea)	Peso posicional
00	6.26
01	4.75
02	3.76
03	4.40
04	4.18
05	3.56
06	2.64
07	1.76
08	2.36
09	1.04
10	0.55

Paso 4. Se reordenan los elementos de trabajo en orden decreciente y se determinan los antecesores inmediatos.

Elementos de trabajo ordenados	Peso posicional	Antecedentes inmediatos
00	6.26	---
01	4.75	---
03	4.40	(00), (01)
04	4.18	(03)
02	3.76	(03)
05	3.56	(00)
06	2.64	(05)
08	2.36	(04), (06)
07	1.76	(04)
09	1.04	(07), (08)
10	0.55	(09)

Paso 5. Los elementos de trabajo se asignan ahora a las diversas estaciones con base los pesos posicionales (las tareas o elementos de trabajo con mayor peso posicional se asignarán primero) y el tiempo de ciclo del sistema. Por tanto, el elemento de trabajo con mayor peso posicional se asigna a la primera estación de trabajo. El tiempo no asignado se determina restando la suma de los tiempos de los elementos asignados el tiempo de ciclo estimado. Si hubiera un tiempo no asignado adecuado, entonces se puede asignar el elemento de trabajo con el siguiente peso posicional mayor, siempre que los elementos de trabajo en la columna de antecedentes inmediatos hayan sido asignados.

El procedimiento continúa hasta haber asignado todos los elementos de trabajo.

$$\text{Tiempo ciclo del sistema} = \frac{(\text{min de trabajo} - \text{margen de error}) \times (\text{eficiencia})}{\text{Unidades a producir al día.}}$$

$$\text{Tiempo ciclo del sistema} = (480 - 72) \times (1.10) / 300 = 1.50 \text{ min / unidad}$$

El primer elemento de trabajo que se contempla es la (00) por su peso posicional de 6.26 y su tiempo de elemento de trabajo es de 0.46. Si su ciclo es de 1.50 - 0.4 = 1.04 que es el tiempo de estación no asignado; por lo que se introduce en ésta estación de trabajo (1). La siguiente tarea a asignar es la que le sigue en peso posicional que

será la (01) que tiene peso posicional de 4.75 y tiempo de elemento de trabajo de 0.35; si se tienen 1.04 min. de tiempo no asignado tendremos $(1.04) - (0.35) = 0.69$ min. y así sucesivamente $(0.69 - 0.22) = 0.47$ min. disponibles para la siguiente tarea y así hasta asignar cada tarea a cada estación de trabajo.

Estación de Trabajo	Elemento de Trabajo	Peso Posicional	Antecedentes inmediatos	Tiempo de Elemento de Trabajo	Tiempo de estación Acumulado	Tiempo de estación no Asignado	Observaciones
1	00	6.26	-	0.46	0.46	1.04	-
1	01	4.75	-	0.35	0.81	0.69	-
1	03	4.40	00, 01	0.22	1.03	0.47	-
1	04	4.18	03	1.10	2.13		inaceptable
1	02	3.76	00	0.25	1.28	0.22	-
1	05	3.56	02	0.87	2.05		inaceptable
2	04	4.18	03	1.10	1.10	0.40	-
2	05	3.56	02	0.87	1.97		inaceptable
3	05	3.56	02	0.87	0.87	0.63	-
3	06	2.64	05	0.28	1.15	0.35	-
3	08	2.36	04, 06	1.32	2.47		inaceptable
4	08	2.36	04, 06	1.32	1.32	0.18	-
4	07	1.76	04	0.72	2.04		inaceptable
5	07	1.76	04	0.72	0.72	0.78	-
5	09	1.04	07, 08	0.49	1.21	0.29	-
5	10	0.55	09	0.55	1.76		inaceptable
6	10	0.55	09	0.55	0.55	0.95	-

Según la disposición que se ilustra con 6 estaciones de trabajo se tiene un tiempo cicloide 1.32 min. (estación de trabajo número 4), la cual cumplirá con el requisito de 300 unidades y producirá:

$$(480 - 72) \times (1.10) / (1.32) = 341 \text{ unidades}$$

Sin embargo con las estaciones de trabajo se tiene un tiempo de inactividad considerable, el tiempo muerto por ciclo es:

$$= (1.32 - 1.28) + (1.32 - 1.10) + (1.32 - 1.15) + (1.32 - 1.32) + (1.32 - 1.21) + (1.22 - 0.55)$$

$$= 0.04 + 0.22 + 0.17 + 0 + 0.11 + 0.77 = 1.31 \text{ minutos}$$

Para un equilibrio más favorable el problema se puede resolver para ciclos menores de 1.50 mín., con esto aumenta el número de operarios y la producción diaria que hay que almacenar, otra alternativa sería la de reducir las horas de trabajo del día.

Se han visto entonces que las decisiones sobre la distribución de planta va ligado en gran parte en las elecciones sobre la selección de procesos productivos, de ésta manera la distribución de planta estudia el arreglo de las instalaciones físicas de procesamiento para un tipo determinado de proceso.

MOVIMIENTO Y ALMACENAJE DE MATERIALES.

El movimiento de los materiales es el traslado y almacenamiento de materiales al menor costo posible mediante el uso de métodos y equipos adecuados.



Las operaciones de la fábrica de las cuales será directamente responsable el ingeniero o la dirección serán: embarques, recepciones, almacenajes, manejo entre plantas, manejo entre procesos, embalajes, cargas, selección de equipo y su mantenimiento, métodos y procedimientos de almacenajes; los cuales están implicados en el control de inventarios, etc. En un aspecto más amplio, sus deberes consistirán en establecer y mantener la adecuada circulación de materiales a través de la fábrica de la manera más eficiente y económica posible.

El costo del movimiento de los materiales puede obtenerse al comparar potencias en caballos de fuerza. Todo movimiento de materiales es simplemente una cuestión de potencia tanto si se obtiene de un animal, de un hombre o de una máquina. La única diferencia entre estas fuentes de trabajo son sus velocidades y costo; por lo que el ingeniero industrial debe mecanizar tantas operaciones de movimiento de materiales como sea posible y un axioma que debe tener siempre en mente es que la parte mejor manejada es aquella en que se tiene la menor operación manual.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES EN EL MOVIMIENTO DE LOS MATERIALES.

1. En el análisis de una operación industrial, todo movimiento de materiales debe ser eliminado en donde sea posible.
2. Los movimientos de materiales que no pueden ser eliminados; serán mecanizados siempre que sea posible, el material debe moverse sobre las distancias más cortas, usar líneas rectas; ya que la recta representa la distancia más corta entre dos puntos, se deduce que si los materiales se mueven en línea recta se estará utilizando la ruta más corta.

3. Al preparar una nueva distribución de planta o al revisar una distribución se debe estar seguro que cada movimiento de materiales está planeado tomando en cuenta los principios 1 y 2
4. Antes de decidirse, o especificar sobre algún tipo de equipo de manejo de materiales, hay que estar seguro de poder hacer un método completo de análisis y determinar el tipo de equipo más adecuado y más económico, hay que evitar cargas parciales, debemos de tomar en cuenta que la gravedad es casi la fuente más barata de fuerza que se conoce.
5. Seleccionar el equipo sobre la base de máxima economía y adaptabilidad. Cada tipo de equipo tiene su propia gama de usos y no hay ninguno que sea adecuado para resolver todos los problemas de movimiento de materiales, para poder seleccionar el mejor equipo adecuado se deberá considerar "la ley de Pareto".
6. Se debe estar seguro de que toda la organización comprende el plan y se solidariza con el. Esto se logra si se determina con gran detalle todos los equipos de trabajo requeridos para una operación dada; pero si no existe una adecuada combinación y comunicación entre los que intervienen no puede lograrse una disposición práctica de las instalaciones industriales.
7. En una industria el manejo de los materiales se tiene que realizar con el mayor cuidado posible. Las encuestas en la industria revelan que casi el 40 % de los accidentes ocurridos en ella son resultado de operaciones de manejo de materiales. Cuando se tiene cuidado en el manejo y el esfuerzo físico de la maniobra se transfiere a aparatos mecánicos se reduce la fatiga y los accidentes. Los registros realizados prueban también que toda fábrica segura es también una fábrica eficiente.

MATERIALES Y MOVIMIENTOS.

Los elementos básicos del manejo de materiales son tres: materiales, movimiento y equipos, uno de los factores que se aplica en cada estudio de movimiento de materiales, es el tipo de material a ser acarreado, incluyendo la cantidad y las características del mismo.

Los materiales al ser movidos están clasificados en dos amplias clasificaciones: a granel, y en unidades completas. Esta clasificación pretende definir las condiciones

del material. Los **materiales a granel** se envasan (arena, carbones, aceite, etc.), mientras que las **unidades completas** están contenidas en conjuntos (cartones, cajas, etc.).

Son dos los tipos de movimientos: continuos e intermitentes y cuando se combinan los dos tipos de material, resultan cuatro tipos de movimientos de materiales que son:

- Continuo para materiales a granel.
- Intermitente para materiales a granel.
- Continuo para unidades completas.
- Intermitente para unidades completas.

Después de haber clasificado los materiales, sus características pueden ser determinadas y registrados. Debe haber un perfecto conocimiento de las características de los materiales con el fin de asegurar la técnica de movimiento segura y económica. Para ello puede establecerse un cuadro con aquellas propiedades de los materiales que más puedan influir en la determinación de las características de la función de los movimientos del material. Es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, para determinar la capacidad y rendimiento de un equipo de movimiento de materiales y además para decidir acerca de los métodos de almacenamiento.

Las propiedades importantes que hay que observar para su movimiento son:

- Propiedades químicas.
- Propiedades físicas.
- Propiedades mecánicas.
- Propiedades eléctricas.
- Propiedades térmicas.
- Tamaño y forma.
- Dimensiones y peso.

El ingeniero industrial debe recolectar la información real y analizarla, para ello debe realizar un formato para la recolección, tal formato debe contener la siguiente información cuando menos:

Características del material.

- Nombre y descripción del material.
- Tamaño.
- Peso.
- Descripción y posición del material antes del movimiento.

Características del movimiento.

- De donde a donde es el movimiento.
- Distancia.
- Cantidad a mover.
- Frecuencia.
- Cantidad anual.
- Inspecciones a efectuar.
-

Métodos existentes o propuestos.

- Recipiente que se utiliza o necesario, y capacidad en cada paso.
- Equipo de movimiento que se utiliza y/o necesario.
- Espera de material.
- Espacio requerido, actual y necesario.
- Tiempo de trabajo por elemento.
 - 1.Carga.
 - 2.Transporte.
 - 3.Descarga.
- T O T A L.
- Número de hombres que se utilizan.
- Costo del trabajo de movimiento por elemento.
- Observaciones.

Además el ingeniero industrial deberá contar con un plano que represente la zona en que van a realizarse los análisis, mostrando los lugares que ocupa toda la maquinaria y equipos, toda información sobre pisos, solidez, techos, dimensiones de puertas, cantidad, calidad y estado del equipo actual de manejo de materiales, tipos de movimientos implicados en el campo de estudio, etc.

Aunque no hay una metodología del progreso para catalogar la gran cantidad de datos requeridos para efectuar un análisis del movimiento de materiales es preciso que sean llevados a cabo de manera ordenada. El uso de un modelo adecuado facilita al observador la ejecución de un trabajo bueno, por lo que a continuación se muestra una de tantas metodología para realizar un estudio de movimiento de materiales.

1. El primer paso será registrar el objeto del estudio.
2. El segundo paso consiste en registrar una descripción del material y movimiento para ser movido.

3. El paso siguiente es registrar todos los datos concernientes al material y al motivo de su elemento.
4. Para completar la información sobre el material es necesario cuestionarlo y estas cuestiones tendrán una consideración especial, algunos de los cuestionamientos podrían ser:
 - ¿Puede evitarse el amontonamiento del material sobre el piso?
 - ¿Será posible pesar el material sin tener que levantarlo?
 - ¿Puede usarse un transportador para evitar la operación de recoger?
 - ¿Se puede manejar mejor el material pesado empleando equipos mecánicos?
 - ¿Pueden manipularse las piezas más rápidamente con medios mecánicos?
 - ¿Es posible apilar el material a mayor altura mecánicamente?
 - ¿Pueden manejarse los materiales en cantidades más grandes o más convenientes?
 - ¿Podría algún equipo auxiliar facilitar el servicio en la estación de trabajo?
 - ¿Podría manipularse el material con mayor seguridad?
 - ¿Sería posible reducir los daños a los productos mediante una mejor manipulación?
5. El siguiente paso es registrar la información en un plano o ubicarla dentro del mismo.
6. En el curso del movimiento de materiales se encuentran con frecuencia almacenajes temporales o definitivos. Por lo tanto serán registrados todos los datos correspondientes.
7. Cuando se ha obtenido toda la información, el observador considera de nuevo todo el ciclo industrial. Un diagrama del proceso es útil para éste objeto y puede ser utilizado indistintamente para condiciones existentes o propuestas.
8. Una última precaución que debe tomar el ingeniero es examinar los posibles efectos que los cambios propuestos pueden tener sobre las operaciones adyacentes y no abarcadas en su análisis.
9. El ingeniero decidirá sobre las mejoras del movimiento de materiales y los costos ocasionados por ello y su posible efecto sobre factores económicos de las operaciones terminales.

10. Probablemente la fase más crítica de cualquier proyecto de movimiento de materiales es presentarla a otros para su aprobación, la gerencia debe estar convencida de que el proyecto que se presenta es convincente y económicamente justificado.

Lo primero que hay que hacer es buscar a las personas que están directamente afectadas e involucradas por el cambio, de tal manera que las modificaciones salgan de sus necesidades y no las sientan impuestas.

Es conveniente preparar un informe conveniente para poder presentarlo a la gerencia. Para ella lo más importante es la justificación económica y debe darse importancia a su presentación. Los beneficios no tangibles pero involucrados tales como condiciones de trabajo, seguridad o mejor utilización del espacio deberán también ser presentados.

Es importante por lo tanto presentar la propuesta de manera que contenga lo siguientes puntos que son los más importantes para la gerencia.

1. Descripción de las operaciones actuales.
2. Costos actuales.
3. Descripción de las técnicas propuestas.
4. Estimación del costo inicial probable y el costo de las operaciones.
5. Beneficios monetarios.
6. Beneficios de conjunto.
7. Tiempo a introducir la mejor propuesta en una operación en marcha y tiempo en el que se obtendrán los beneficios.

La actitud que se debe asumir al presentar la proposición nunca deberá de ser como la idea infalible o curarlo todo.

EMPAQUETADO.

Existen dos tipos básicos de empaquetado: el de protección y el decorativo.

El **empaquetado protector** tiene como objetivo principal—el de suministrar protección, controlar la cantidad, tamaño de la unidad y proporcionar un medio apropiado de contener el material para el traslado y durante su almacenamiento. El empaque protector debe darse al consumidor o puede usarse de nuevo.

El **empaquetado decorativo** se requiere para proporcionar atracción al consumidor y puede ser clasificado como decorativo y el elegirlo es normalmente responsabilidad del empleado publicitario.

Para ambos tipos de empaquetado se debe realizar un estudio previo a la elección, es aconsejable desarrollar los siguientes pasos:

- Planteamiento del problema.
- Fotografía del envase.
- Medición de las dimensiones principales.
- Creación del modelo.
- Decorar el envase.
- Construcción de una muestra según el diseño.
- Probar.
- Comprobar presiones, peso, etc. someter a pruebas.
- Examinar presentación.
- Realizar cambios necesarios.
- Elegir.

Existen varios materiales y tipos de envases y embalajes, a continuación se mencionan los más comunes y más utilizados.

Envases metálicos.- Existen bidones y barriles para materiales líquidos, semilíquidos o secos. Se construyen para varias capacidades y de diferentes materiales como lámina, acero inoxidable, etc., también vienen en diferentes formas según el requerimiento o necesidades, en ocasiones se construyen forrados de algún otro material contenido, que esté en contacto con las paredes del recipiente. A veces se utilizan también cajas metálicas para el envío de objetos pesados de pequeño tamaño o muy vulnerables, pueden utilizarse también para cargar mercancía de valor siendo cerrados por el remitente y nadie la toca hasta llegar a su destino.

Envases de madera.- Se construyen barriles, bidones y cubos de madera, utilizan para envasar una gran variedad de productos sólidos, semisólidos y líquidos. Generalmente se construyen sobre pedido, cumpliendo las necesidades del usuario o cliente. Las maderas más utilizadas para barriles son pino, abeto y roble. Las cajas de madera tienen varios usos, cualidades, calidades y cubren innumerables necesidades ya que soportar un trato muy duro, y la resistencia y capacidad para soportar esfuerzos dependen de su forma y su estructura, clase de madera, contenido de humedad, forma del corte y posición con respecto a la dirección de la fibra, el tamaño de las tablas y de los clavos, así como de los refuerzos que lleve, flejes metálicos o listones de madera. Existen cajas que son apropiadas para cargas de hasta 200 libras, también las hay de madera contrachapada para productos de gran valor y/o que deben ir bien protegidos ya que ofrecen mayor rapidez, poco a peso y alta resistencia a la distorsión diagonal y resistencia para soportar caídas y golpes violentos. Las cajas y/o jaulas se entregan

generalmente al usuario plegadas y se manejan fácilmente y ocupan poco espacio de almacenamiento. Existen cajas cocidas con alambre, es un envase ligero hecho a base de tabla cortada, de poco espesor, sujeta por medio de listones, alambres y grapas. Tiene gran elasticidad por lo que es capaz de resistir un trato rudo. Las jaulas se construyen con un entramado de madera, construido alrededor del objeto que ha de transportarse y de fácil construcción y de manera que tenga rigidez y resistencia.

Cajas de cartón.- Las hay de varias dimensiones, tamaños, formas, resistencias, etc. y son de uso muy común para empacar o envasar artículos. Los de cartón ondulado son los más resistentes ya que consiste en una hoja de cartulina acanalada y encolada entre dos hojas exteriores de cartulina lisa, lo cual resulta un producto ligero de peso pero con una considerable resistencia mecánica, y tiene un alto grado de elasticidad y es adaptable a las diversas exigencias, por lo que aumenta su difusión dentro de los usuarios. Las cajas se recortan, entallan y se enmarcan en la fábrica para facilitar el doblado. Los envases se entregan al usuario desarmados y plegados, lo cual facilita su almacenamiento. Las cajas tienen otra gran ventaja, ya que se pueden imprimir en las paredes, pegar etiquetas, fotografías, identificaciones, etc. por lo que hace que sea mayor la posibilidad de utilizarlo como elemento publicitario. Este tipo de envasado puede armarse, cerrarse y sellarse con cinta engomada o con grapas de alambre.

Por bien proyectado y fabricado que sea un producto y su producción haya sido vigilada, puede ser que el usuario final no obtenga de él la plena satisfacción si el embalaje es deficiente y el producto sufre desperfectos durante su transporte o se deteriora en los almacenes, o en los estantes del distribuidor final. Debe pues cuidarse de ésta cuestión primordial. El diseño real de los embalajes o empaquetados debe ser realizado por una persona que conozca sobre la materia, la cual debe comprobar que los embalajes ofrezcan adecuada protección al producto en todo momento, y se debe tomar en cuenta también que la protección no debe exceder a lo justo.

ALMACENAMIENTO.

El almacenaje no constituye en sí un proceso del movimiento de materiales pero se encuentra estrechamente ligado a él. Existen dos maneras de clasificar el almacenamiento: **el temporal**, que se considera como la estancia transitoria de materiales en un lugar, debido a no poder utilizarlos inmediatamente; **el almacenamiento permanente** considerado como un proceso plasmado para guardar materiales en un predeterminado lugar y que tiene como objeto controlar el suministro.

El almacenaje temporal es el más costoso y problemático de los dos tipos de almacenamiento, para poder detectar fácilmente el almacenaje temporal basta con

realizar un diagrama de proceso del producto. Sin embargo existen algunas reglas para solucionar éstos problemas.

- Programar la producción. La producción programada proporciona circulación al material para evitar almacenajes temporales, con la producción programada el material alcanza su lugar correcto al mismo tiempo que se elimina su entrada en procesos de almacenamientos o demoras durante el proceso.
- Distribución de planta. La distribución debe ser tal que permita la circulación fluida a todas las secciones. Los lugares de trabajo estarán dispuestos de tal modo que el material pueda ser introducido y sacado sin perturbar otras operaciones.
- Control de existencias. Lo cual consiste en tener a mano la cantidad correcta de materiales para satisfacer la carga productiva.
- Planeación del trabajo. El trabajo tiene que ser programado diariamente de manera que cada trabajador y puesto de trabajo funcionen sin interrupciones.
- Supervisión y adiestramiento. Las personas encargadas de la supervisión no deben mostrar indiferencia hacia el almacenamiento temporal en el proceso, ya que dará una actitud similar en los trabajadores y se hará costumbre. Siempre que sea posible el personal clave debe ser capacitado para la reorganización y eliminación de los almacenamientos temporales necesarios.

Si fuera necesario almacenar temporalmente los materiales, el costo de ésta operación debe minimizarse empleando algunos métodos y lugares menos costosos y que cause menos problema.

El almacenamiento permanente es una necesidad por lo que con ella se asegura la reserva de provisiones. Esta necesidad no significa que debe de ser una carga o problema para la compañía, debe ser tratado como un problema técnico planeado.

Para poder determinar que tipo de almacén se requiere se necesita tener toda la información de los productos que estarán en ese almacén, por lo que se sugiere recolectar toda la información por medio de un formato como el que se muestra a continuación.

INSPECCIÓN DEL MATERIAL A ALMACENAR.

Descripción del material _____ Condiciones-
(Húmedo, caliente, frágil, pegajoso, fluido, explosivo, empaquetado, flojo, inflamable, áspero, acabado, deleznable, sensible al: calor, frío, polvo, lodo, humos) _____ Otras condiciones _____
Dimensiones de la pieza, Min. _____ Máx. _____ Peso de la pieza, Min. _____ Máx. _____ Plano No. _____
Tipo ó modelo No _____ Desplazamiento y articulaciones almacenados.-Individualmente:
Tablero superior _____ Dimensiones _____ Caja de cartón delgado _____
Dimensiones _____ Rodillo _____ Dimensiones _____ Plataforma _____ Dimensiones _____
Caja _____ Dimensiones _____ Lata o tambor _____
Dimensiones _____ Otros _____
Cantidad a contener _____ Peso medio de la carga _____ Material recibido de _____ Vía _____ Almacenado en (lugar) _____ Por _____ (método) _____ Cantidad disponible normalmente _____ Frecuencia de las recepciones _____ Frecuencia de las salidas _____ Forma o método de pago _____ Abonado en (lugar) _____
Fecha de almacenamiento _____ ¿Puede apilarse el material? _____ ¿A qué altura? _____ Los suelos son de: Hormigón, madera, asfalto, adoquines, ladrillos, lodo, otros materiales _____ Estado o condiciones: Bueno, malo, liso: áspero, húmedo, seco, inclinado _____ ¿son útiles las grasas? _____ Tipos _____ Capacidad _____ Dimensiones plataforma _____ ¿pueden ser descargados los vehículos al nivel del suelo? _____ Carga admisible sobre el piso _____ Sobre armados _____ ¿Pueden usarse soportes, estanterías, tolvas?, ¿Hay implicado algún riesgo frecuente? _____ ¿Hay implicado algún problema frecuente de control de calidad? _____ ¿Hay implicado algún problema de producción o costo financiero no frecuente? _____
Observaciones _____

Recopilado por _____ Fecha _____

Si obtenemos todos los datos requeridos en el formato nos podrá ayudar indudablemente a resolver el problema del almacenamiento, es posible que éste cuestionario no se adapte a algunos casos específicos pero se buscará la información adicional y se añadirá fácilmente al modelo.

Para resolver el problema del almacenamiento se seguirá haciendo un cuestionamiento de la información adquirida y una guía de preguntas como la siguiente:

1. ¿Puede tener lugar el almacenamiento al aire libre o en cubierto?
2. ¿Como se presenta la mayor parte del material, en forma empaquetada o a granel y debe seguir haciéndose así?
3. ¿Que grado de protección es necesario?
4. ¿Cuál es el volumen de movimiento dentro y/o fuera del almacén?
5. ¿Qué medidas de almacenamientos y movimientos son necesarios para la utilización económica del espacio de la mano de obra?

Los tipos y métodos de almacenaje seleccionados dependerán, sobre todo, del movimiento de materiales almacenados y de la frecuencia de entradas y salidas.

Los tipos de almacenamiento más usuales son:

1. Para grandes cantidades de materiales juntos.

- Recipientes a granel.
- Silos.
- Toneles.
- Carboneras.
- Recipientes abiertos.
- Fosos abiertos.

2. Para pequeñas cantidades de materiales sueltos.

- Estantes.
- Gavetas o cajones
- Cubetas.
- Bateas.
- Cajas.
- Recipientes rotativos.
- Alacenas.
- Vasijas o envases.
- Tambores o bidones.
- Mostradores.
- Estantes portátiles.

3. Para unidades o materiales empaquetados.

- Recipientes
- Estantes o perchas.

- Pallets (plataforma para manejo de mercancías).
- Skids (madera inclinada para desplazamiento).
- Plataforma.
- Armarios.
- Estuches.
- Puertas (stands).

SELECCIÓN DE EQUIPOS.

Antes de efectuar la selección de equipos para el manejo de materiales deben ser consideradas las características de las instalaciones. Parte de estas consideraciones pueden hacerse patentes por el análisis del proyecto del manejo de materiales, pero todas deberán ser consideradas bajo el punto de vista de proporcionar una mayor seguridad.

Las características más comunes a considerar para la elección son: techo, altos pasillos blancos, altura del techo y obstrucciones superiores, capacidad de carga de los pisos, holgura de paso en las puertas, espacio libre entre columnas, resistencia de las estructuras y otras.

Al elegir equipos fijos, el ingeniero podrá añadir con frecuencia accesorios de poco volumen; pero darán mayor seguridad cuando se eligen transportadores, pueden encontrarse compuertas contrapesadas que aseguran su posición de estas arriba o abajo según la conveniencia. Pueden colocarse guardas o protecciones en los bordes de los transportadores en curva, para impedir que el material caiga del mismo y dañe a los obreros. Cuando se eligen carros accionados mecánicamente que tengan que circular por lugares estrechos deberán ser protegidos con guardas para prevenir que el conductor no corra el riesgo de ser aplastado.

La mecanización del manejo de materiales reducirá generalmente los costos de mano de obra, mejorará la seguridad, reducirá la fatiga, e incrementará la producción. Sin embargo hay que tener cuidado en la selección apropiada de los métodos y del equipo. Es muy importante la estandarización de los manipuladores de los materiales, ya que hace posible la simplificación del adiestramiento y la intercambiabilidad del equipo, y se requieren menos existencias de piezas de refacción para su mantenimiento.

A continuación se dará una descripción de algunos de los equipos más típicos de manejo de materiales usados en la industria.

1. **Tarimas.**- Normalmente existen con entradas por los cuatro lados y sirven como base para apilar productos empacados y poderlos transportar al almacén de otro^o

lugar del proceso es también llamado "pallets", se presentan en distintos materiales y en diversos estilos para usos muy diversos, hay tarimas para montaje, para transporte, generalmente sirven para los transportadores o carros de horquilla elevadora, son fabricados con acero, papel, madera, alambre o fibra de vidrio.

2. **Tarimas o "pallets" en forma de caja.**- Pueden construirse con paredes plegables, dispuestas sobre una estructura para soporte y fabricadas con el mismo tipo de material de las tarimas solas, al igual que los "pallets", sirven también para utilizar con carros de horquillas para transportar productos empacados o a granel, las hay también de cajas desmontables y rígidas y de una sola a pieza. Todas ellas tienen centenares de aplicaciones en la industria en general.
3. **Plataformas de arrastre.**- Al igual que las dos anteriores sirven para transportar cualquier producto con el carro de horquillas, normalmente se construyen con acero soldado o con madera clavada, dispuestos en forma de entramado semiabierto, generalmente son más económicas que las plataformas o "pallets".
4. **Plataformas rodantes.**- Esta forma parte de la misma familia de los anteriores, estas plataformas son bajas de tablero plano, fabricados con metal o madera reforzada, están equipadas con ruedas y una barra para guiar o jalar, es un valioso equipo ya que puede servir también para utilizarlos con los carros de horquilla, estas plataformas pueden fabricarse en forma de caja, lo cual lo hace muy versátil.
5. **Carretilla de estibar de dos ruedas (diablo).**- Es un artefacto con ruedas, muy fácil de manejar, muy útil en cualquier empresa donde tengan que mover artículos muy pesados y los pasillos sean muy estrechos, sirven para transportar productos a granel y empacados en barriles o cajas de cualquier forma y se utilizan para transportar en distancias cortas, son ligeras, de precio bastante bajo, su principal ventaja es su flexibilidad que unida a las dos anteriores la hace aplicable a cualquier instalación o negocio pequeño, mediana o grande.
6. **Carro alza tarimas con baja elevación o carretilla mecánica.**- Las carretillas o carros pueden ser manuales, accionados por un motor de gasolina, la cual tiene una capacidad superior a cuatro veces la carretilla de mano corriente y sirve para transportar una gran variedad de productos, ya que puede equiparse con horquillas o con una plataforma para que funcione como carretilla, y los hay de soporte fijo y giratorio, generalmente son metálicos y de control manual.
7. **Carretillas para transporte.**- Este grupo de carretillas se utiliza para el transporte de "pallets" o plataformas, la carga la levanta hasta tres pulgadas del suelo, esta elevación se efectúa mecánicamente en unos modelos e hidráulicamente en otros.
8. **Elevador portátil.**- Estas unidades están diseñadas para ser conducidas por un conductor que va a pie atrás de la carga y controla los movimientos por medio de mandos colocados en el timón, la altura de la elevación de los aparatos es variable,

pero normalmente es la indispensable para permitir la carga y la descarga de un producto. Este tipo de elevadores son accionados por un motor de gasolina o eléctrico o por ambos, la elevación se hace por elevación hidráulica.

9. Carro montacargas o carretillas elevador de horquillas.- Puede cargarse o descargarse por sí mismo, es capaz de elevar la carga y descargarla o recogerla de un nivel elevado. Con la importancia cada vez mayor que se da al apilado de los materiales y al aprovechamiento de la tercera dimensión, el carro montacargas se ha convertido en uno de los grupos más importantes para el manejo económico de materiales. Este tipo de aparatos de este grupo, son accionados por motores de gasolina o eléctricos. Estos últimos toman la corriente de baterías de acumuladores que forman parte de la unidad, las hay también de gasolina-eléctrica, en la cuál el motor de gasolina genera energía eléctrica que carga una batería de la cuál se alimenta un motor eléctrico y es muy adecuado para el trabajo continuo. Ofrecen ventajas cuando se tiene que hacer recorridos largos sin interrupciones, recorre suelos poco lisos, el costo de adquisición es bajo, puede manejar materiales en pendientes y se pueden realizar las operaciones a la intemperie; cuando son eléctricas se pueden usar en recintos cerrados donde deban evitarse los ruidos y humos. Las carretillas elevadoras pueden ser adaptadas con plataformas o adquirirlas de plataforma o utilizarlas con plataforma y además pueden adquirirse otros accesorios y dispositivos que la hacen aún más versátil. La carretilla elevadora equipada con horquillas, se construye disponiendo su elemento de forma que tal que el propio peso de la carretilla equilibre el peso de la carga que se eleva. La capacidad de carga de la carretilla es función de su peso propio y de la distancia existente entre la proyección de su gravedad y punto medio del eje del entero. La carga máxima que puede manejar con seguridad se calcula generalmente con facilidad.

Por ejemplo, la capacidad de levantamiento se calcula multiplicando la distancia (en cm y plg) entre el centro del eje del entero y el centro de la carga. Si la distancia entre el centro del eje del entero y el centro de la carga es de $B=45$ cm. y la longitud de la planta es $A=150$ cm. entonces el peso máximo total que podrá manejar un carro con capacidad de 250000 cm/kg.

Peso máximo = (Capacidad) / $(B+A/2)$

Peso máximo = $(250000) / (45+150/2) = 2083$ kg.

Planeando el tamaño de la tarima para aprovechar plenamente el equipo, se puede obtener un mejor rendimiento del equipo.

10. Cinta transportadora o banda transportadora.- Con los diversos tipos de cintas transportadoras se obtiene una superficie de apoyo continua que es útil para el transporte de una extensa gama de productos, tanto a granel como empaquetados. Las bandas más comúnmente usadas son las que constan de varias capas de tejidos de algodón pegadas unas con otras, ó vulcanizadas con goma. La superficie inferior o superior está protegida por un recubrimiento de caucho. Cuando hay reacciones

químicas que atacan al caucho natural se emplea caucho sintético y cuando aumenta la longitud de transportador, se insertan cables de hilo de acero en la armadura de la cinta, La cinta de caucho se utiliza para paquetes y artículos menudos y en forma de canal para materiales a granel gruesos o finos. La banda se apoya a intervalos regulares sobre poleas o rodillos dispuestos de modo que se forme una superficie plana o acanalada. De la separación, tamaño y características superficiales del material están hechas las poleas o rodillos depende en gran parte de la capacidad de carga de la banda que pasa sobre ellos. El movimiento de las bandas o cintas es producido por un motor aplicado al tambor de uno de los extremos del circuito, las bandas normalmente soportan temperaturas de 121°C a 149°C. Para ciertas circunstancias especiales las hay de tejido metálico. Los materiales más pesados pueden trasladarse sobre bandas de eslabones muy juntos y obtener así una superficie de apoyo continuo, las cintas lisas de acero se utilizan cuando la superficie debe mantenerse constantemente limpia.

- **Cinta transportadora articulada.**- Este tipo de transportador está formado por una serie de tablas o discos metálicos o de madera sujetos a dos cadenas sin fin, normalmente se utilizan para cargas pesadas y que son depositadas con golpes fuertes. Los transportadores de discos metálicos a diferencia del de tablas, están contiguos o solapados con otra y con ellos se forma una superficie continua, hay un modelo que consiste en una cadena única a la que se fijan los discos cortados como medias lunas, con lo que se dispone de una superficie continua aún cuando se requiera alguna curva o codo.
- **Transportador de rodillos libres.**- Con este tipo de transportador se mueven materiales a gran distancia horizontal sin gasto alguno de energía, la distancia a recorrer solamente está limitada para el desnivel necesario para utilizar la fuerza de la gravedad, aunque el desnivel puede salvarse intercambiando en el trayecto unidades elevadoras que son tramos cortos de cinta transportadora con motor, que elevan el material y con esto tomará nuevamente fuerza para continuar el movimiento. Este tipo de transportador de rodillos sirve para transportar materiales que tienen una superficie de asiento suficientemente lisa.
- **Transportador vibratorio.**- Es otra modalidad de cinta transportadora que sirve para el manejo de materiales abrasivos a elevadas temperaturas, las bandas están en forma de canal metálico sobre la que se hace avanzar el producto mediante movimiento vibratorio o de va y ven, ese transportador es ideal para mover arena y piezas fundidas calientes, cemento, rebabas y virutas, así como materiales muy pequeños y filosos.

11. Grúas de brazo.- Guardan varias ventajas sobre otro tipo de transportadores, como son: los pasillos, no precisan de una anchura como para transporte por suelo, el sistema de mantenimiento es independiente de la superficie y de sus desniveles. También sirven para mover materiales solamente dentro de los límites dentro de una zona de trabajo, el área barrida por la grúa es generalmente el sector descrito por la longitud del brazo y cuando el total no se utiliza se le hace girar retirándolo a un lado para permitir el paso de vagones u otros. Las grúas de brazo horizontal se pueden montar también sobre carros pesados que van y vienen sobre carriles colocados al nivel del suelo, estas grúas móviles se utilizan generalmente para elevar cargas pesadas, abajo de una grúa puente. Existe otro tipo de brazo que consiste en un pescante que es una pieza saliente de madera o metal a modo de grúa para bajar y subir artículos, y está colocado en un muro en ángulo recto y se mueve a lo largo del muro sobre carriles dispuestos en forma análoga al camino de rodadura de la grúa puente.

12. Monocarriles.- Constituye un buen y eficaz camino cuando el lugar donde se recogen y se depositan los materiales está claramente definido, los monocarriles se emplean mucho en el montaje de tractores y automóviles, además sirven de pequeños almacenes de elementos pesados temporalmente y comúnmente es llamado malacate, los hay eléctricos y manuales y su principal componente es un riel con un polipasto. El transporte vertical de materiales se efectúa fácilmente por medio de polipastos cuando se elige el adecuado a cada trabajo se tomarán como parámetros principales el peso que ha de elevarse, la frecuencia de las operaciones de elevación y el cuidado en el manejo de la carga. Hay muchos tipos de polipasto: los *polipastos accionados manualmente*, se utilizan para elevaciones poco frecuentes y cuando se requiere de una elevación lenta y cuidadosa no muy pesada; los *polipastos accionados eléctricamente*, pueden emplearse para elevar verticalmente rápido piezas ligeras, pesadas, grandes, y estos pueden manejarse directamente a mano o con mando a distancia y los tableros de control pueden formar parte del aparato elevador o estar situados en un puesto de mando central, los principales y más usuales tipos son: polipastos de cadena accionados a mano, polipasto de aire comprimido, polipasto eléctrico y polipasto accionado por motor de aire comprimido.

13. Moto-grúa industrial o grúa de camión.- Estos tipos de grúas realizan una función elevadora de productos, y tienen toda la amplitud de movimiento horizontal que permite el ángulo de giro y el alcance de su pluma, con la gran ventaja que la función de traslación horizontal puede ejecutarse al mismo tiempo dentro de su campo de acción, el tonelaje que pueda elevar y trasladar está limitado por la resistencia de la pluma y del cable, el polipasto es nuevamente aquí otro componente en combinación con la pluma para lograr otro tipo eficiente manejador de materiales.

14. Grúa viajera tipo puente.- Cuando se requiere de un movimiento elevador en dos planos dentro del recinto de una fábrica, se obtiene casi siempre utilizando grúas tipo puente, además con la ventaja que se tiene un recorrido más completo, la grúa puente más sencilla puede consistir en una única viga en doble T, suspendida sobre la cuál se

mueve de uno a otro extremo, un polipasto, ya sea manual o de aire comprimido; el puente puede ser desplazado a mano o por medio de un motor eléctrico.

Definición :

Se puede definir como todas las actividades desarrolladas con el fin de conservar todas las propiedades físicas de una empresa o lugar en condiciones de funcionamiento seguro. Conjunto de acciones que permiten mantener un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un estado específico .



Objetivos:

1. Maximizar la disponibilidad de maquinas.
2. Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y deterioro.
3. Conseguir estas metas de la forma más económica posible

Técnicas de la Administración del Mantenimiento.

Esta está formada por los siguientes procedimientos:

- Planificación orgánica .
- Procedimientos escritos.
- Medición del desempeño.
- Planeación y programación.
- Programas de adiestramiento.
- Técnicas de motivación.
- Control de costos.

Un buen servicio de conservación de instalaciones y equipo busca reducir al mínimo las suspensiones del trabajo, al mismo tiempo que hacer eficaz el empleo de dichos elementos y recursos humanos, a efecto de conseguir los mejores resultados con el menor costo posible.

División del mantenimiento

- Limpieza
- Lubricación
- Cambio
- Reparación

1. **Limpieza.-** Tiene como finalidad evitar la acumulación del polvo, grasa, cochambre, etc. en los lugares no deseados.
2. **Lubricación.-** Es parte del mantenimiento preventivo, este permite el funcionamiento de los aparatos y alargar la vida.
3. **Cambio.-** Forma parte del mantenimiento predictivo.
4. **Reparación.-** Este forma parte del mantenimiento preventivo.

Metodología del Mantenimiento

- | | |
|----------------------------------|--------------------|
| • Planeación del Mantenimiento | ¿Qué hacer? |
| • Organización del Mantenimiento | ¿Cómo hacer? |
| • Integración del Mantenimiento | ¿Con qué recursos? |
| • Dirección del Mantenimiento | Hacer |
| • Control del Mantenimiento | Resultados |

Tipos de Mantenimiento:

1. Preventivo

Se define como la conservación planeada de fabrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y la depreciación excesiva .

Objetivos:

- *lubricación.-* Debe ser administrado y establecido por personal capacitado.
- *Inspección.-* Es la preparación por personal adecuado, de listas de verificación que se usarán para realizar inspecciones programadas en forma regular . Con el propósito de que la gerencia pueda evaluar los cambios en el equipo y contemplar una suspensión de la operación anticipada.
- *Revisión o cierres programados.-* Es fundamental la programación a corto y largo plazo, de revisiones e interrupciones . La de corto plazo por lo general se refiere al equipo de producción, mientras que la de largo plazo se refiere al equipo de servicio de planta.

2. **Correctivo.-** Es aquel que se aplica cuando la maquinaria o instalaciones ya no pueden continuar en uso debido .
3. **Predictivo.-** Se realiza mediante análisis probabilístico y estadístico. Tratando de predecir el momento que la maquinaria o instalaciones necesitarán mantenimiento.
4. **Mantenimiento por averías .-** Se trata de consumir un mínimo de mano de obra para mantener el equipo funcionando. Esta técnica minimiza los costos de trabajo de mantenimiento y de materiales que tienen que salir de las utilidades de operación. Las mayoría de las reparaciones consisten en ajustes rápidos, hasta que las condiciones del equipo exige reconstrucción, el ajuste general o la reposición .
5. **Mantenimiento planeado y programado.-** Consiste en llevar acabo las reparaciones o interrupciones indicadas por el sistema de vigilancia del mantenimiento predictivo y preventivo, a fin de minimizar el tiempo improductivo.
6. **Mantenimiento Combinado.-** La mayoría de los grandes departamentos tienen que recurrir a todas la técnicas administrativas antes mencionadas.

Gravedad, urgencia y tendencia.

Gravedad

Es aquella que se presenta cuando una falla o descompostura en el equipo nos ocasiona el paro de toda o gran parte de la línea de producción. En esta la reparación puede ser costosa o complicada, el costo no solo puede ser debido a los gastos de mantenimiento, sino por la pérdida de tiempo útil para producción.

Debemos estar preparados y tener perfectamente planeada nuestra organización para actuar con la mayor rapidez posible en estos casos.

Si la falla producirá un paro mayor imprevisto, o pérdidas muy costosas, o daño en algún empleado, la necesidad del mantenimiento preventivo es alta.

En estos caso es conveniente el diseño de un sistema auxiliar para ser utilizado solo en casos de falla.

Urgencia

Un trabajo urgente es aquel que, dentro de la programación y planeación normales, debe terminarse tan pronto como sea posible. Tal trabajo normalmente se programa dentro de las veinticuatro o cuarenta y ocho horas posteriores a la recepción de la orden. Es una actividad que surge de imprevisto y debemos darle solución inmediata.

Lo urgente puede ser también algo que pudimos haber planeado o realizado antes, pero que por algunas circunstancias se ha dejado para el último momento.

Nunca debemos dejar que las cosas se conviertan en urgentes. Un correcto plan de mantenimiento preventivo evitará la urgencia.

Tendencia

Se presenta principalmente en equipo con gran antigüedad dentro de la planta, en el cual la frecuencia de reparación cada vez es mayor.

Es decir, el equipo más viejo o más malo necesita servicios de mantenimiento de forma más frecuente. Pero si está a punto de desecharse o rápidamente se va a considerar obsoleto, puede ser más económico inspeccionarlo sobre una base general.

En estos casos se debe de realizar un análisis serio sobre la permanencia en operación del equipo, tal vez los costos por reparaciones y mantenimiento sean más elevados que aquellos por su reemplazo.

Técnicas de Medición .

Mantenimiento por averías

- *Registro de utilización del equipo.*- Todas las averías se registra en un cuaderno o mediante un sistema de orden de trabajo . El interés primordial no es los costos de mantenimiento, sino en los efectos de utilización continua del rendimiento de la mano de obra directa.
- *Análisis de variación de la mano de obra directa.*- Cada ves que se tiene que suspender una operación para dar mantenimiento, los operadores directos tienen tiempo perdido. Se analiza este tiempo con respecto a los costos de mano de obra directa.
- *Muestreo de trabajo.*- Ayuda a determinar los factores casuales de tiempo improductivo.

Mantenimiento preventivo .

La administración que recurra al mantenimiento preventivo, tienen las siguientes tareas.

- La vida económica del equipo.
- La variación directa de la mano de obra.
- La reparación e inventario de partes de repuesto.
- La productividad del personal de mantenimiento.

Mantenimiento Predictivo.

La meta es pronosticar el comportamiento del equipo.

- Vigilancia de las vibraciones.
- Vigilancia del calor.
- Vigilancia del equipo eléctrico.
- Vigilancia de las circulaciones y las presiones.
- Vigilancia de la corrosión y el desgaste

Parámetros para la Medición y Control.

Mantenimiento por averías.

- El costo de las horas de máquina perdida, en términos de las horas perdidas de producción y de efectos en las utilidades.
- La diferencia entre un costo de mantenimiento preventivo y de las constantes reparaciones de las averías .
- Los efectos en la productividad de la mano de obra directa en aquellos casos que las operaciones estén controladas o reguladas manualmente.

Mantenimiento preventivo.

- Prolongar la vida del equipo mediante la utilización de eficientes sistemas .
- Minimizar los efectos de interrupción imprevistas debido a fallas del equipo.
- Llevar registros a través del tiempo del equipo y conservar datos del rendimiento de las máquinas indispensables para identificar los cambios ocurridos en el estado del equipo que indique reparaciones o ajustes necesarios .
- Es menester establecer controles para determinar si se están cumpliendo o no los planes y si se está avanzando a la realización de los objetivos.

Indices del control de Mantenimiento.

Los costos por mantenimiento en las industrias alcanzan el 5 % de las ventas y crecen aun más en industrias de petróleo y acero.

Si el objetivo del mantenimiento es conservar las instalaciones que contribuyen a la producción en un estado de eficiencia máxima y costo mínimo. Esto exige lo siguiente:

Mantenimiento preventivo con miras en economizar la producción.

El aseo personal, la salud y la seguridad de los trabajadores mejora el trabajo y el aprovechamiento.

La planeación deberá basarse en el costo real de la mano de obra de reparación.

La planeación tendrá que ser de acuerdo con la disponibilidad de materiales actuales y los costos.

Toda desviación de los materiales disponibles implican demoras, con el consiguiente desorden de programas y prioridades.

Quehaceres Básicos del Mantenimiento.

1. Seleccionar y adiestrar personal calificado para que lleve acabo los distintos deberes y responsabilidades de la función proporcionando remplazo de los trabajadores calificados.
2. Planear y programar en forma conveniente la labor del mantenimiento.
3. Disponer de rotación de máquinas y equipo en general, para realizar las labores del mantenimiento de la planta.
4. Conservar, reparar y revisar maquinaria y equipo de producción, herramientas eléctricas portátiles y equipo para el manejo de materiales, manteniendo las unidades respectivas en buen estado de funcionamiento.
5. Conservar y reparar locales, instalaciones, mobiliario, y equipo de oficina y cafetería.
6. Instalar, redistribuir o retirar maquinaria y equipo, con miras a facilitar la producción.
7. Revisar las especificaciones estipuladas para la compra de nueva maquinaria, equipo y proceso, con objeto de asegurar que estén de acuerdo con las ordenanzas del mantenimiento.
8. Escoger y proveer a la aplicación, en los plazos requeridos, de los lubricantes necesarios para la maquinaria y el equipo.
9. Proporcionar servicio de limpieza en toda la fabrica, en relación a maquinaria, equipo y sistemas de elaboración.
10. Proporcionar aseo de pisos y sanitarios a toda la fabrica .
11. Juntar, seleccionar y deshacerse de desperdicios, combustibles, metales y materiales que puedan reutilizarse.
12. Solicitar herramientas y accesorios, piezas específicas para la maquinaria para efectuar un mantenimiento exitoso.
13. Revisar que los inventarios sean conservados en un nivel óptimo.
14. Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad y cuidar que se observen las normas de seguridad para equipo.

Hay algunos aspectos importantes de la organización general que afectan el departamento de mantenimiento.

- a) clase de fabricas
- b) clase de servicios.
- c) clase de equipos.
- d) clase de conocimientos.

Estos factores deben de ser tomados en cuenta en todas la fabricas. Los cuatro factores delinear y circunscriben el papel del mantenimiento en la organización: determinan lo que el mantenimiento hace en su papel en la organización total.

Solicitudes de servicio de mantenimiento y procedimientos para su autorización.

Todo trabajo de mantenimiento debe originarse en un documento, a efecto de evitar la realización de labores sin importancia, innecesarias o no autorizadas, para contar con un registro de las tareas efectuadas por una máquina.

La demanda de servicio puede provenir del personal de producción o del de mantenimiento. En este último caso puede ser el resultado de inspecciones de carácter preventivo o de problemas encontrados por un trabajador. La solicitud deberá ser firmada por un sobrestante o por el coordinador de mantenimiento preventivo.

Costo de Mantenimiento.

Una vez que el producto, máquina o proceso se "acomode", se puede hacer un estudio de la distribución del tiempo promedio entre fallas. Cuando las distribuciones tienen una pequeña distribución estándar, entonces se considera que se tiene un candidato para el mantenimiento preventivo aunque el mantenimiento resulte costoso.

Una vez que se tiene un candidato para el mantenimiento preventivo, se desea determinar cuando es económico el mantenimiento preventivo. Generalmente, mientras más costoso es el mantenimiento, la distribución del tiempo promedio entre fallas debe ser más estrecho. Adicionalmente, si el proceso es más costoso de reparar cuando se descompone el costo de mantenimiento preventivo, quizá se deba esperar hasta que el proceso falle para después efectuar la reparación. Sin embargo, la consecuencia de la descompostura se debe considerar en forma completa; algunas fallas relativamente menores pueden tener consecuencias catastróficas. En el otro extremo los costos de mantenimiento preventivo pueden ser tan incidentales que este es adecuado aún cuando la distribución es más bien plana.

En cualquier caso cada operador de maquinaria debe ser responsable de la inspección del equipo y las herramientas.

Los administradores de operaciones necesitan considerar un equilibrio entre los dos costos. La asignación del inventario, más dinero y un equipo de mantenimiento preventivo, reducirán el número de descomposturas. Pero, en algún punto, la reducción de los costos del mantenimiento correctivo serán menores que el incremento de los costos del mantenimiento preventivo, y la curva del costo total empezará a ascender. Después de este punto óptimo, la empresa debería esperar a que se presenten las descomposturas y entonces repararlas.

El problema de este análisis es que los costos totales de las descomposturas rara vez son considerados en su totalidad. Muchos costos ignoran debido a que no están directamente relacionados con la descompostura en sí. Sin embargo, esto no los hace menos reales o su impacto menos importantes. Suponiendo que todos los costos asociados con la pérdida del tiempo se hayan identificado, el personal de operaciones puede calcular el nivel óptimo de la actividad de mantenimiento. El análisis, también requiere de datos históricos precisos de los costos de mantenimiento, las probabilidades de descomposturas y los tiempos de reparación. El tiempo perdido

puede tener un efecto devastador en la moral, debido a que los empleados empiezan a creer que el desempeño para lograr los estándares y el mantenimiento del equipo no son importantes.

Ejemplo:

Un despacho de contadores que se especializa en la preparación de la nómina; los contadores han tenido un éxito en la automatización de una gran parte de su trabajo, utilizando una computadora para el procesamiento y la preparación de los reportes. Sin embargo, el sistema tiene problemas. A través de los últimos 20 meses, el sistema de cómputo se ha descompuesto según se indica a continuación.

Número de descomposturas	Número de meses en que ocurrió ese número de descomposturas
0	4
1	8
2	6
3	2
total:	20

Cada vez que se descompone la computadora los socios estiman que la empresa pierde en promedio de 300 dólares en costos de tiempo y de servicio. Una alternativa para la empresa es aceptar la oferta de un contrato de mantenimiento preventivo. Si lo aprueban, esperan un promedio de sólo una descompostura de la computadora por cada mes. El precio de los cargos de la empresa de cómputo por sus servicios es de 220 dólares mensuales. Se utilizará un sistema de cuatro pasos para contestar la pregunta de si la empresa debe establecer un contrato para su mantenimiento preventivo.

Paso 1. Calcular el *número esperado* de descomposturas (basándose en la historia pasada) si la empresa continua como está, sin el contrato de servicio.

Paso 2. Calcular el costo esperado de la descompostura por mes sin contrato de mantenimiento preventivo.

Paso 3. Calcular el costo de mantenimiento preventivo.

Paso 4. Comparar las dos opciones y seleccionar aquella con el menor costo.

1.

Número de descomposturas	Frecuencia
0	4/20 = 0.2
1	8/20 = 0.4
2	6/20 = 0.3
3	2/20 = 0.1

$$\begin{aligned}\text{Número esperado de descomposturas} &= \sum \text{Número de descomposturas} * \text{Frecuencias correspondientes} \\ &= (0)(0.2) + (1)(0.4) + (2)(0.3) + (3)(0.1) \\ &= 0 + 0.4 + 0.6 + 0.3 \\ &= 1.3 \text{ descomposturas/mes.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Costo esperado de las descomposturas} &= \text{Número esperado de descomposturas} * \text{Costo por descompostura} \\ &= (1.3)(\$300) = \$380/\text{mes}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ Costo del mantenimiento preventivo} &= \text{Costo de las descomposturas esperadas si se firma el contrato de mantenimiento} * \text{Costo del contrato de servicio} \\ &= (1 \text{ descompostura/mes})(\$300) + \$220/\text{mes} \\ &= \$520/\text{mes.}\end{aligned}$$

4. Debido a que resulta menos costoso sufrir las descomposturas *sin* un contrato de servicio de mantenimiento (390 dólares) que uno con contrato (520 dólares, la empresa debe continuar con su política establecida.

Programa de Mantenimiento y Diseño de Mantenimiento

La programación de los trabajos de rutina presenta menos dificultades que la de los trabajos intermitentes. Los problemas de la programación son:

- Diversidad de los trabajos de mantenimiento.
- Dificultades de prever la naturaleza y el momento de los trabajos.
- Dispersión del personal que ha de intervenir en estos trabajos.
- Dificultad de distribuir el personal de mantenimiento.

Para superar estas dificultades, es esencial un estudio a fondo de los trabajos de mantenimiento y elaboración de un programa apropiado. En seguida se presentan las etapas de la programación de los trabajos de mantenimiento:

a) Análisis de los trabajos. Esta etapa es anterior a la elaboración del calendario de mantenimiento. El análisis de la historia de los trabajos, de las especificaciones técnicas y de los consejos del fabricante permitirá:

- Establecer las normas de mantenimiento (inspección, naturaleza y frecuencia de los trabajos).
- Hacer el inventario de los trabajos de mantenimiento preventivo para cada equipo

b) Establecimiento de un calendario. A partir de las normas de mantenimiento preventivo, se elabora un programa de acción en el que se precisen la calidad y la frecuencia de las intervenciones del departamento de mantenimiento. Este programa contiene un calendario que toma a menudo la forma de una gráfica de Gantt. Para los trabajos de gran envergadura se utilizan las técnicas CPM o PERT.

c) Distribución de los trabajos. No puede suponerse que los trabajos correctivos no serán nunca necesarios después del mantenimiento preventivo. Las causas de los trabajos correctivos son diversas, y deben elaborarse un procedimiento que permita su ejecución con las demoras más pequeñas. Ciertas empresas utilizan requisiciones de servicios de diferentes colores para indicar el grado de urgencia de los trabajos correctivos.

Así, en esta etapa debe distribuirse el personal del departamento de mantenimiento y efectuarse los trabajos requeridos. Es obvio que este departamento debe algunas veces recurrir a expertos externos, lo cual le impondrá detalles particulares. En seguida se elaboran simultáneamente la solicitud de trabajo, las requisiciones de material y la estimación de los costos.

d) Estimación de los costos. En ocasiones es difícil hacer esta estimación, sobre todo para el mantenimiento correctivo. El estimador evalúa el tiempo y el material necesarios para los trabajos, y esta estimación debe comprender los costos de mano de obra y material y los costos indirectos. Más tarde estudiaremos los elementos de cada costo.

e) Lanzamiento de los trabajos. Después de la solicitud de trabajo y la requisición de material y herramienta, se procede a los preparativos a fin de que todo esté listo para el inicio de los trabajos.