

## 1. Fundamentos de Teoría de Sistemas

Elemento que determina los objetivos generales y que relaciona los estándares del subsistema con el todo, puede llamársele “el subsistema de la administración”. Es el subsistema que considera el plan general y que implementa su razonamiento. Si el subsistema de la administración funciona adecuadamente, su razonamiento sigue un proceso continuo, piensa en todo momento acerca de la relación del objetivo.

Los sistemas se integran de un conjunto de elementos que trabajan agrupadamente para el objetivo general del todo. El enfoque de sistemas es simplemente una manera de pensar acerca de estos sistemas totales y sus componentes.

Eficiencia

Pero parece que existe un objetivo general de todos los administradores de sistemas, específicamente, lograr la eficiencia de operaciones o, dicho en otras palabras, el objetivo de reducir los costos.

Con esto en mente, podemos presentar cinco consideraciones básicas que el científico debe considerar cuando razone acerca del significado de un sistema:

- 1.- Los objetivos del sistema considerado como un todo y mas específicamente las medidas de actuación del sistema completo.
- 2.- El medio ambiente del sistema: las restricciones fijas.
- 3.- Los recursos del sistema
- 4.- Los componentes del sistema, sus actividades, metas y medidas de actuación.
- 5.- La administración del sistema.

El objetivo del sistema, es la determinación de si el sistema con pleno conocimiento sacrificara otras metas para poder lograr el objetivo.

Para comprender la importancia que tiene la ingeniería industrial, como disciplina científica, dentro del proceso productivo de la empresa, es necesario contemplar los diferentes fundamentos que le han dado bases para su conformación. Entre los principales pilares que se distinguen, se tiene la Teoría General de Sistemas, El Modelo Sociotécnico de la Organización, la evolución misma de la ergonomía y la gran cantidad de disciplinas científicas interactuantes, de manera multidisciplinaria en ella.

Inmersos actualmente en un contexto, en el que la conceptualización moderna de la organización requiere de tomar en cuenta un enfoque amplio, que describa ese organismo como un sistema interrelacionado con su medio ambiente, es de vital importancia concebir la visión de la realidad particular, como un sistema. Bertalanffy, Padre de la Teoría General de Sistemas, propone el concepto de sistema abierto; concibiéndolo como aquel que interactúa con su medio ambiente, natural y social, intercambiando con él materiales, (L. V. BERTALANFFY, 1987).(1)

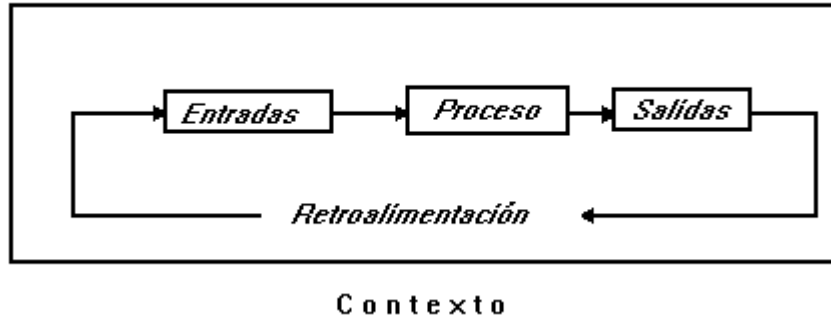


Figura 1. Sistema Abierto.

Esquema interpretado de R. Lilienfeld, 1984.(2)

La Teoría General de los Sistemas representa un nuevo paradigma o una nueva filosofía de la naturaleza que se opone a una visión mecanicista del mundo. Esta premisa, fundamentalmente consiste en romper con la "súper especialización", ya que la ciencia de los sistemas generales gira en torno a la tecnología computacional, la informática, la cibernética, la automatización, la robótica y la ingeniería de sistemas. Esta Teoría pretende dar una explicación científica de los eventos que se comportan como totalidades organizadoras, ya que anteriormente estas totalidades eran consideradas metafísicas y rebasaban los alcances de la ciencia que hasta ese entonces se conocía.

De acuerdo con este enfoque las complejidades organizadas pueden ser concebidas como un conjunto de objetos o sucesos cuya descripción implica muchas variables, entre las cuales existe una fuerte liga de interdependencia. Los componentes al entrar en interacción, forman un todo único con propiedades nuevas, producto del sistema; en este caso, el todo no es la suma de las partes, sino que es mayor que esa suma. De esta forma el concepto de sinergia se aplica en organizaciones con pluralidades múltiples como lo son las empresas, sus procesos productivos y los elementos de importancia que los conforman.

Otra característica de los sistemas al considerarlos "abiertos" (Bertalanffy, 1984), es su equifinalidad. En estos sistemas el estado final deseado puede lograrse partiendo desde diferentes condiciones iniciales y por diferentes caminos previamente planeados. Esto no sucede en los llamados sistemas cerrados; de aquí el mayor alcance del sistema propuesto en el presente

trabajo, ya que contempla la permanente actualización, reconocida en él como: Cultura Ergonómica.

"La ergonomía moderna pone énfasis en investigar al hombre y a su medio ambiente dentro del sistema y no de manera aislada. Esto es con un enfoque holístico contemplado en la Teoría General de Sistemas".

El origen de la ergonomía se remonta a la fabricación de los primeros utensilios por el hombre. Las primeras investigaciones que se llevaron a cabo de modo sistemático acerca de la influencia de la tarea y de los últimos sobre el rendimiento del trabajador, datan de finales del siglo XIX.

Frederick W Taylor determinó, mediante un estudio empírico, el ritmo de trabajo, el efecto de los incentivos y las motivaciones del trabajador sobre dicho ritmo. Fue Frank B. Gilbreth en 1911, quien fundó verdaderamente la ergonomía, gracias a su célebre estudio de la albañilería en el que diseñó un tipo de andamio que facilitaba el abastecimiento de ladrillos y demás materiales a los albañiles, consiguiendo con esto aumentar el número colocado de tales en cada hora.

Podría decirse, sin embargo, que el surgimiento de los estudios enfocados a la relación generada entre el hombre y su nexa con el ambiente laboral, comenzaba cerca del período de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), eran muy importantes los trabajadores de las fábricas de municiones para mantener los esfuerzos de la guerra, pero al incrementarse la producción de armamento mayor, hubo numerosas complicaciones para su control.

Un esfuerzo por resolver algunos de estos problemas hizo que en 1915 se creara el Health of Munitions Workers Committee. Al finalizar la guerra, este comité fue reconstituido con la finalidad principal de llevar a cabo investigaciones acerca de problemas de fatiga en la industria, llamándose: Industrial Fatigue Research Board. En 1929 este comité modifica su nombre al de Industrial Health Research Board, que entre sus principales objetivos tenía el de abarcar investigaciones de las condiciones generales del trabajo industrial, particularmente a lo referido a la preservación de la salud entre los trabajadores y la eficiencia industrial. Este comité abarcaba estudios acerca de la postura, manejo de materiales, estructura física de los trabajadores, las pausas del descanso, la inspección, la iluminación, la temperatura, la ventilación, la música ambiental durante el trabajo, la selección, el entrenamiento y el adiestramiento.

Con el estallido de la Segunda Guerra Mundial, el aspecto militar se desarrolló de manera vertiginosa; por tal motivo el equipo militar se hacía más complejo y por otro lado, el ritmo de operación fue tan alto que el estrés adicional provocó que los hombres fracasaran en obtener lo mejor de su equipo y sufrieran un colapso operacional.

Así el 12 de Julio de 1949 en el Almirantazgo, (Gran Bretaña), se celebró una reunión donde formaron un grupo interdisciplinario todos aquellos interesados en los problemas laborales humanos. Posteriormente, en otra reunión el 16 de Febrero de 1950, se adoptó el término de ergonomía dándose origen a la nueva disciplina científica.

Hasta el final de la década de los 70', no se tuvo conciencia de algo que hoy nos parece evidente. Los estudios que trataron de optimizar el trabajo habrían de centrarse en el sistema, es decir, respetar tanto las condiciones y características del hombre como las de la máquina, procurando

adaptarlas y acoplarlas entre sí para que de esa forma se aplicara el criterio de aumentar al máximo los resultados globales del sistema considerado como tal, (hombre-máquina).

## **1. LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Una definición de ingeniería para este apartado es la siguiente: "La ingeniería agrupa el conjunto de conocimientos y medios tecnológicos necesarios para la consecución de invenciones, perfeccionamiento y desarrollo material de construcciones, fuentes de energía y demás campos técnicos de la industria", (ENCICLOPEDIA HISPÁNICA, 1991).

La Ingeniería Industrial, en la UPIICSA-I.P.N., nace bajo el concepto de interdisciplinariedad, contempla diversas áreas del conocimiento y fomenta su interrelación para que de una manera global pueda conceptualizar las posibles soluciones de la problemática presentada dentro del aparato productivo. Para el curso en cuestión, los estudios ergonómicos concentran toda la atención. Para realizarlos la Ingeniería Industrial se apoya en la ergonomía. La ergonomía a su vez, se relaciona con disciplinas como la investigación, el estudio del trabajo y el estudio de tiempos y movimientos.

## **2. LA PSICOLOGÍA**

La Psicología "es la ciencia que estudia la conducta de los organismos superiores en general, y del hombre en particular, considerados tanto individualmente como en grupo", (ENCICLOPEDIA HISPÁNICA, 1991).

La psicología experimental tiene una rama que es la ingeniería psicológica. Ésta se encarga del diseño de máquinas y ambientes laborales para complementar las capacidades conductuales del hombre. También se le llama ingeniería humana y factores humanos y más aún ergonomía, (COHEN, 1976).

## **3. LA MEDICINA**

Finalmente la ergonomía se apoya en el conocimiento que aportan las partes de la Medicina, entendiéndose como "la ciencia que estudia las enfermedades humanas y trata de desarrollar los medios y técnicas adecuados para curarlas y prevenirlas", (ENCICLOPEDIA HISPÁNICA, 1991), en una de sus ramas, la Anatomía-fisiología. La anatomía humana, (que interesa en este trabajo), es referida a la estructura de los órganos de los sentidos, de su importancia, de su interrelación y del entendimiento de las funciones particulares que coadyuvan a contemplar el organismo biológico humano como un sistema abierto, asimismo, atender a las capacidades que desarrollan los demás constituyentes, referidas a esfuerzos, movimientos y habilidades, (GARDNER Y OSBURN, 1971).

La fisiología humana se incluye en este curso con objeto de fundamentar las reacciones internas y externas del individuo, respecto a su interacción sensación-percepción y por lo tanto con su medio laboral, desde la perspectiva funcional biológica. Será también de atención la fisiología articular desde el punto de vista de la antropometría para la interrelación hombre-máquina.

## **APLICACIONES DE LA ERGONOMÍA**

Algunas áreas de aplicación de las técnicas ergonómicas, que se tratan en este curso son relativas a la Seguridad e Higiene y a la Distribución de Planta. En este apartado se presentan algunas otras áreas, que de manera indirecta, se verán involucradas al contemplar su estudio considerando al individuo (solo o en grupos), la tarea, los materiales y equipo, el medio ambiente o lugar de trabajo y el medio ambiente físico contextual.

Áreas en que inciden los conceptos de la ergonomía:

- a) Ambiente de Trabajo
  - Seguridad e Higiene.
  - Prevención y protección contra incendios.
  - Condiciones climáticas.
  - Orden y limpieza.
  - Condiciones del Medio Ambiente de Trabajo.
  - Fisiología del trabajo.
  - Diseño de ambientes laborales.
  
- b) Diseño de Maquinaria y Equipo
  - Concepción funcional de los indicadores y escalas.
  - Concepción funcional de los mandos.
  - Diseño herramental.
  - Empleo del código de colores
  
- c) Uso del Cuerpo Humano
  - Utilización óptima del cuerpo físico.
  - Posturas de trabajo.
  - Fatiga.
  
- d) Distribución de Planta
  - Espacio personal.
  - Diagramas de flujo.
  - Manejo de materiales.
  
- e) Seguridad e Higiene.
  - Programas de inspecciones.
  - Cuidado personal.
  - Uso de equipo y aditamentos de protección.

Como puede apreciarse el campo de la aplicación de la ergonomía es bastante amplio. Puede afirmarse que es aplicable en todas aquellas actividades en las que participa el hombre y en las que tiene que enfrentarse con su medio ambiente laboral, a la interacción con utensilios, herramientas, equipo, instalaciones industriales, materiales, medio ambiente físico, así como las relaciones interpersonales con sus compañeros en el mismo nivel, con los subordinados a su cargo y con sus superiores.

## **EL MEDIO AMBIENTE FÍSICO**

Para el presente estudio será necesario establecer los tres aspectos fundamentales: medioambientales, psicosociales e interrelación hombre-máquina; mismos que dan origen al

enfoque que caracterizan el Sistema de Medición del Impacto de las Técnicas Ergonómicas en la Productividad de la Empresa: SMITEPIE.

## **ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES**

Se aborda el estudio de los aspectos medioambientales, desde la óptica de la Teoría de Sistemas. La ergonomía como disciplina, indica Osborne, analiza el proceso productivo, resaltando la influencia de factores medioambientales y psicosociales en él, (D. J. OSBORNE, 1990).

Los factores a tratar son: vibración, ruido y sonido, iluminación, temperatura y ventilación, que son los más comúnmente encontrados en las empresas y otros tales como: la contaminación, la radiación, etc., los cuales no se presentan en su generalidad.

Desde el punto de vista empírico según Cohen,(1977),las agencias receptoras del cuerpo: los órganos de los sentidos, son la única puerta para la transmisión hacia el interior de la información externa, en este caso específico nos referimos a las máquinas que el individuo opera y el ambiente laboral en términos generales.

## **VIBRACIÓN, RUIDO Y SONIDO**

El ruido es uno de los factores ambientales que más se ha investigado para conocer sus efectos sobre el comportamiento. Aquí se analizarán las características físicas del ruido, sonido y vibración y sus relaciones en el campo laboral.

El sonido es una onda elástica que requiere de un medio físico para transmitirse, es recibido por el oído a través del aire, agua, objetos metálicos o por conducto de los huesos. El sonido está relacionado con la sensación auditiva; pueden distinguirse dos tipos de sonido: los tonos y los ruidos(BALLIF Y DIBBLE, 1976).

El sentido auditivo localiza las fuentes sonoras y localiza objetos por reflexión sonora.

La localización auditiva depende de los dos oídos y de su desplazamiento pues cada oído da una sensación algo diferente (inconsciente) de la misma fuente sonora. Esto fue estudiado por el físico Giovanni Battista Venturi, quien observó en 1796 que la localización por medio de un oído era notablemente incorrecta(J. COHEN, 1977).

La unidad de medida de la intensidad del sonido es el decibel o dB. Ésta se mide con un decibelímetro.

Leo Beranek (1966) elaboró una gráfica que muestra los decibeles alcanzados por diversas fuentes sonoras. Figura 1.

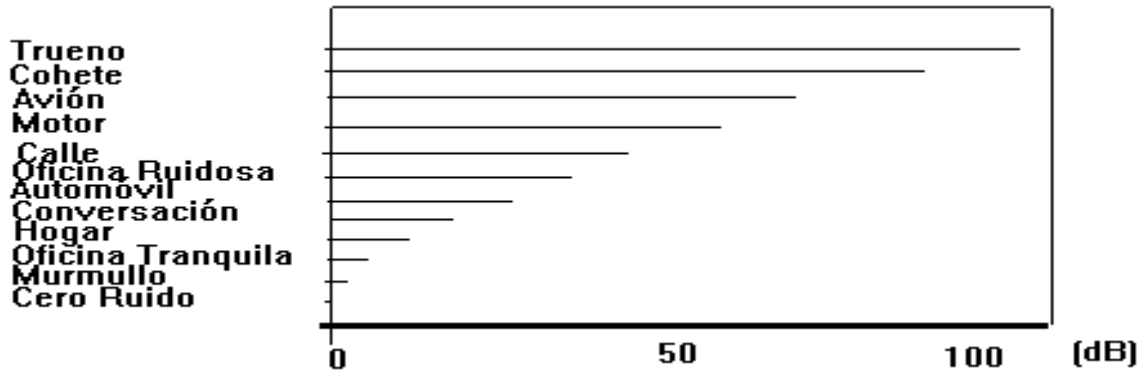


Figura 1. Sonidos de fuentes ambientales comunes.  
Tomada de Charles J. Holahan, Pág. 161

Por lo general los ruidos intermitentes son más negativos que los ruidos continuos. Y sus efectos en el rendimiento son aún más negativos cuando ocurren a intervalos aperiódicos o irregulares.

Se ha observado que los efectos negativos del ruido en el rendimiento aumentan en proporción del tiempo que el sujeto permanece expuesto al ruido (C. J. HOLAHAN, 1991).

## LA ILUMINACIÓN

La luz puede afectar al trabajo visual en dos formas. Primero, afecta directamente la realización de una tarea visual debido a que altera la visión. Segundo, la luz puede afectar indirectamente el rendimiento al crear condiciones de trabajo incómodas o fatigantes, (C. J. HOLAHAN, 1991).

La luz es la porción del espectro de la radiación electromagnética que puede ser percibida por los ojos. Figura 2.

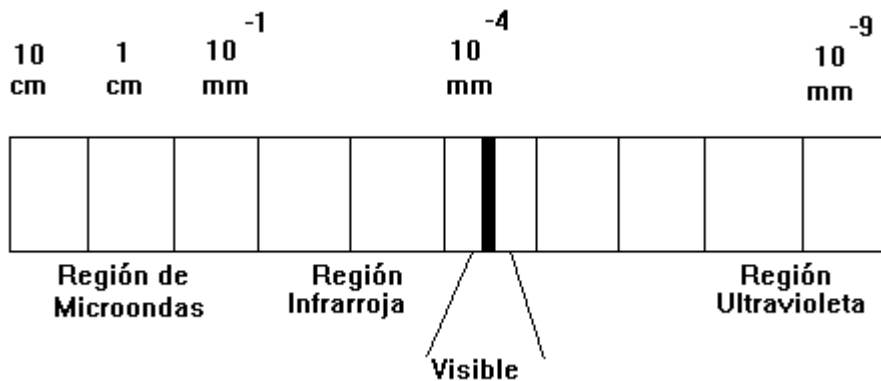


Figura 2. Espectro de la radiación electromagnética  
Tomado de Ballif y Dibble, Pág. 253.

La longitud de onda de la luz se mide en Angstrom,  $A^\circ = 10^{-10}$  m.

Vale la pena tener en cuenta que en el caso de una fuente iluminosa extensa, como el sol, una lámpara, y la mayoría de las fuentes reales, la sombra no es una región uniforme, sino que se encuentra formada por dos regiones separadas: la umbra y la penumbra.

Si ante nuestro ojo y una fuente luminosa se antepone un cartón espeso, un libro o un objeto de madera o de metal, la luz es retenida completamente por ese obstáculo, por ser opaco. Si el objeto interpuesto es una hoja delgada de papel, un vidrio esmerilado, una taza, percibiremos luz sin distinguir, a pesar de ello, la propia fuente; estos cuerpos se denominan translúcidos. Si entre el ojo y la fuente se antepone un vidrio, una mica, etc. y la fuente luminosa continúa viéndose, se les llama transparentes.

El color de un objeto depende esencialmente de la naturaleza de la fuente que lo ilumina. Es sabido que los colores cambian cuando la luz artificial, incluso la eléctrica, sucede a la natural; ello se debe a que el espectro, es decir, la composición de la luz artificial, tiene una cantidad menor de azul y de violeta. Este efecto se presenta más marcado en el caso de la luz verdosa producida por arcos de mercurio; los colores se modifican por completo ya que esta luz no contiene el rojo, sino sólo cinco radiaciones monocromáticas, dos amarillas, una verde muy intensa, otra añil y otra violeta.

Para realizar algunas actividades visuales, se necesita de una iluminación adecuada. La iluminación se mide en candelas. La intensidad luminosa se mide en un luxómetro o exposímetro.

## **TEMPERATURA**

La mayoría de las personas alguna vez han experimentado incomodidad en el trabajo o el estudio debido a la temperatura demasiado alta o demasiado baja del ambiente laboral. Las variaciones de temperatura dentro de los niveles que se pueden encontrar en ámbitos interiores no originan directamente la disminución en el rendimiento. Es posible que la incomodidad producida por un ambiente excesivamente caluroso o frío reduzca en forma indirecta la calidad del trabajo.

Existen tres formas diferentes mediante las cuales el calor puede pasar de la fuente al receptor: conducción, convección y radiación, (SEARS, ZEMANSKY, YOUNG, 1986).

"La somestesia, el sentido de la piel, es la sensibilidad al calor, al frío, a la presión y al dolor. La cinestesia, el sentido muscular, es la sensibilidad a la posición muscular y el movimiento muscular" (J. COHEN, 1977).

La piel responde diferencialmente al calor, al frío, a la presión y al dolor; no es sensible uniformemente.

Los puntos sensibles están distribuidos desigualmente, Por ejemplo, la punta de la nariz tiene dos veces más puntos de calor que el lado palmar del antebrazo y la yema de los dedos tiene nueve veces más puntos de presión que el dorso de la mano. Los puntos de dolor son los más numerosos en toda la superficie del cuerpo; en seguida están los de presión, frío y calor.

Los resultados de un estudio muestran que la gente informó sentirse más a gusto a 26° Celcius. Sin embargo, los sujetos sintieron el clima sólo "ligeramente caluroso" o "ligeramente frío" dentro de un rango bastante amplio de temperaturas, de 20° a 30° Celcius, (C. J. HOLAHAN, 1991).



Aunque el calor sí afecta negativamente el rendimiento en una gran variedad de tareas, esos efectos se ven influidos por otros factores, como pueden ser la complejidad de la tarea, el nivel de calor y la duración de la exposición a las altas temperaturas.

## **VENTILACIÓN**

Un factor importante en el lugar de trabajo es el mantenimiento de un ambiente agradable para el individuo. Agradable desde el punto de vista de temperatura y el de recirculación de aire oxigenado.

Para el caso del presente estudio es de interés el considerar la temperatura del aire, su humedad y la cantidad del movimiento del mismo (ventilación). Osborne (1990), comenta que la temperatura del aire provoca un aumento o disminución de la temperatura total del cuerpo, produciéndose sudación en caso de calor o constricción de los vasos sanguíneos en caso de frío; en el caso de radiación intensa de calor, ésta será importante para determinar el grado de comodidad del trabajador al desarrollar una tarea, (D. J. OBORNE, 1990).

La humedad es un índice de la cantidad de vapor de agua en el aire; ésta se indica por la humedad relativa en porcentaje (%).

Cuando el aire se mueve se facilita el enfriamiento sobre el cuerpo. Esto ayuda a evaporar el sudor y a disipar el calor de la superficie del cuerpo. Una velocidad demasiado grande del aire conducirá a incomodidades.

Existe la unidad internacional conocida como "clo" que es adimensional y que expresa la resistencia termal, desde la piel hasta la superficie externa del cuerpo. Esta dependerá de la ropa, condición física, edad.

Se ha definido un "clo" como "la cantidad de aislamiento necesaria para mantener la comodidad y la temperatura media de la piel de 33° C en un cuarto a 21° C, con un movimiento de aire que no exceda los 0.1 m/seg y una humedad que no exceda del 50% con un metabolismo de 50 cal/m<sup>2</sup>/hr, por lo tanto, esto se aplica sólo al sujeto descansado", (D. J. OBORNE, 1990).

El rango de ropa investigado se extiende desde la desnudez (clo=0) hasta los trajes de lana muy pesados, para los ambientes polares (clo de 3 a 4).

## **ASPECTOS PSICOSOCIALES**

A continuación se presentan una serie de modelos, conceptos y definiciones que pueden proporcionar una panorámica del aspecto psicosocial en el estudio de la empresa y su proceso productivo desde una concepción holística.

El modelo cognitivo afirma que: la conducta de cualquier ser humano en cualquier momento está determinada principalmente por la percepción del mundo que tenga el individuo. En otras palabras, las teorías fenomenológicas suponen que cada persona es única, que la perspectiva de la realidad de cada persona refleja esa perspectiva (cambiante) conforme se da de un momento a otro, (BERNSTEIN, NIETZEL, 1982).

No hay aprendizaje sin un cambio en el sujeto sobre todo afectivo que comprometan de lleno a las personas. Para lograrse este cambio es necesario contemplar las tres áreas que describe la "taxonomía" de Bloom: área cognoscitiva, área afectiva y área psicomotriz, debiéndose llegar a la conjunción del querer con el poder, (A. PACHECO, 1993).

Espacio personal. El lenguaje capta un aspecto muy real e importante de las relaciones humanas. Cada individuo utiliza constantemente el espacio interpersonal como un elemento esencial para su interacción con otras personas. Proxémica es el estudio científico del espacio como medio de comunicación interpersonal.

Hall estudió la conducta espacial identificando cuatro zonas de distancia: La distancia íntima, es la zona que va desde el contacto físico hasta 42 cm de un individuo. La distancia personal es el área desde los 42 cm hasta 1.20 m de una persona. La distancia social que se extiende desde 1.20 m hasta 3.60 m alrededor del individuo. La distancia pública es la zona que comprende desde los 3.60 m hasta 7.20 m o más de una persona, (C. J. HOLAHAN, 1991).

Privacía se refiere más ampliamente al control del acceso entre uno y los otros, implica mecanismos múltiples tales como mensajes verbales y el tipo de ropa, además de señales especiales. El espacio personal es un mecanismo que puede utilizarse para lograr el nivel deseado de privacía, (C. J. HOLAHAN, 1991).

Referente a territorialidad, existe una diferencia con el espacio personal; el espacio personal supone un límite invisible que se mueve junto con el individuo cuando éste cambia de lugar. El territorio es un área visible que tiene una locación estacionaria. (C. J. HOLAHAN, 1991).

El conocimiento acerca del espacio personal se ha aplicado en el diseño arquitectónico de ambientes de hospitales, ámbitos terapéuticos, salones de clase, auditorios y ahora es la idea de que se aplique en la ingeniería industrial en el diseño del medio ambiente laboral como la distribución de planta.

Trabajo en común es trabajar en una proximidad especial, sin que ésta sea necesaria para la realización de la tarea. El trabajo en equipo depende, ante todo, de las operaciones en las que han de intervenir dos o más personas a la vez para poder realizar la tarea. El trabajo en equipo exige la cooperación de todos, pero cada una de las operaciones no corresponde exactamente a un miembro del equipo, de modo que, según las circunstancias, una función puede ser desempeñada por uno u otro miembro indistintamente, y así es posible la ayuda mutua. La cooperación organizada es más rígida. Cada miembro suele tener su puesto fijo y se le asignan determinadas tareas, cuya sucesión en el tiempo es determinada por el proceso técnico. Como consecuencia es casi imposible sustituirse mutuamente y prestarse ayuda, (A. RÜSSEL, 1976).

## **INTERRELACIÓN HOMBRE-MÁQUINA**

El estudio de la bina hombre-máquina es de suma importancia para el desarrollo de este trabajo ya que de ella depende la efectividad de movimientos, de los que el cuerpo humano tiene capacidad de efectuar, en coordinación lógica y funcional con la serie de controles, partes de accionamiento y ambiente periférico, con los que mantiene una relación estrecha.

Se debe considerar a las herramientas y equipo utilizado para la realización de actividades complementarias dentro del proceso de producción; éstos también deberán presentar las

características de diseño apropiadas en relación a componentes del cuerpo humano que desarrollen fuerza y habilidad.

## **ANTROPOMETRÍA**

Retomando la definición: "la antropometría es la técnica que se ocupa de medir las variaciones en las dimensiones físicas y en la composición global del cuerpo humano en diferentes edades y con diversos grados de nutrición", (CUADERNOS DE NUTRICIÓN, No. 2, 1990).

Entre el número casi ilimitado de mediciones corporales que pueden hacerse, se deben elegir aquellas que, además de ser sencillas, rápidas, baratas y reproducibles, brinden la mayor cantidad posible de información. De acuerdo a esas premisas, las mediciones más recomendables son las que tiene por objeto determinar: la masa corporal (expresada como peso), las dimensiones lineales (especialmente la altura) y la composición corporal en lo que se refiere a la evaluación indirecta de la reserva de la energía (grasa subcutánea) y de proteína (masa muscular).

Los resultados de la evaluación antropométrica se deben comparar siempre con patrones de referencia previamente seleccionados e interpretados con cautela.

### **1. SISTEMA MUSCULAR**

Se pueden identificar tres tipos de músculo:

- a) Músculo liso.- Este tipo de músculo se contrae en respuesta a impulsos de una parte del sistema nervioso que no está directamente bajo control voluntario.
- b) Músculo cardíaco.- El tejido muscular del corazón tiene la capacidad de iniciar su propio impulso de contracción independientemente del sistema nervioso.
- c) Músculo esquelético o voluntario.- Estos músculos en su mayor parte están insertados en las partes del sistema esquelético que mueven, el tejido del que se componen se llama músculo esquelético. Este es el tipo de músculo que consideramos en todo el estudio del sistema muscular, (GARDNER Y OSBURN, 1971).

### **2. LA MÁQUINA**

"Desde el punto de vista de la mecánica una máquina está conformada por el conjunto de mecanismos que se ponen en juego para obtener energía en cualquiera de sus formas, actuar sobre ella y recuperarla con el fin de conseguir una alteración de su estado o un efecto físico previamente concretado", (ENCICLOPEDIA HISPÁNICA, 1991).

La máquina constituye la parte fundamental del proceso de producción, se considera como el medio mecánico que permite la obtención de una mayor manufactura, siendo capaz de repetir movimientos dentro de un cierto rango de precisión, característica que le pone en ventaja en relación a la tarea desarrollada por el ser humano; sin embargo la desventaja consiste en que no es apta de crear una nueva rutina y su vida útil de funcionamiento es limitada, además de no poder ser accionada por sí sola, sino necesariamente con la intervención del ser humano que le proporciona los datos de entrada para los que fue creada. Ahora bien, en el momento en que se establece la interrelación hombre-máquina forman un "todo único" con propiedades nuevas en la medida en que se produce el proceso de identificación sujeto-objeto facilitando la contribución de valores agregados del producto de un proceso de fabricación; aumentaría, por consiguiente, la calidad, el volumen de producción; disminuyendo la cantidad de desperdicio, la cantidad de

accidentes; lo cual redundará en un aumento de la productividad, tanto cualitativa como cuantitativamente.

## **LÓGICA DE CONTROLES**

Para hacer eficaz el sistema hombre-máquina, es necesario contar con un diseño apropiado del equipo, referido en este caso, a tableros y controles. Será necesario considerar las características del proceso, la tarea, el operador, la producción, el tiempo y la seguridad. Es prudente considerar la normalización para esos diseños ya que de esta manera se consigue identificación del operador con su máquina en cuanto a: medidas, unidades, código de colores, lógica de movimiento, compatibilidad con su operación.

### **1. TABLEROS E INDICADORES**

Un buen tablero será aquel que presente las características de: velocidad, precisión y sensibilidad, cualidades que facilitan la obtención de información en la comunicación hombre-máquina. Los tableros pueden clasificarse en: (D. J. OBORNE, 1990).

A. De acuerdo al órgano humano al que se enfocan:

- a) Visuales.
- b) Auditivos.

B. De acuerdo al tipo de indicador:

- a) Cualitativos.
- b) Cuantitativos.
- c) De control y verificación.

Los tableros visuales son más convenientes para:

- 1. Un ambiente ruidoso.
- 2. Mensajes extensos y complejos.
- 3. Casos en que el mensaje formará parte de la estadística.
- 4. Evitar interpretaciones falsas.

Los tableros auditivos serán mas apropiados en:

- 1. Casos en que la respuesta al mensaje debe ser instantánea.
- 2. Ambientes con iluminación inadecuada.
- 3. Ambientes con demasiada información visual.
- 4. Posiciones por encima de la cabeza de los operarios.
- 5. En la oscuridad o a la distancia.

### **2. CONTROLES**

Los controles son el nexo final en la interrelación hombre-máquina ya que mediante su accionamiento el hombre ejecuta el intercambio de información derivado de la que le proporcionan los indicadores y tableros toda vez que han sido analizados por su ser.

Los controles se pueden clasificar de acuerdo a su función en: (D. J. OBORNE, 1990).

A. De ajuste discreto.

B. De ajuste continuo.

Los ajustes discretos se encaminan al control de estados de la máquina como: encender o apagar una máquina, suministrar datos, reajustes de acuerdo a especificación. Los ajustes continuos se prefieren para el control de estados de las máquinas como: localización de datos en escalas continuas, mantener el funcionamiento en cierto valor de seguimiento.

## **ESPACIO DE TRABAJO**

Como ya se analizó anteriormente, existe para cada individuo un espacio personal, ahora serán considerados, además de este concepto, los además ya determinados en los capítulos anteriores. El diseño del lugar de trabajo es importante para el funcionamiento adecuado del operador ya que involucra la presentación espacial de las relaciones que sostendrá con otras personas, máquinas y equipo a su alrededor, vías de acceso y movimiento, influencia de los factores físicos medioambientales, y la influencia de los factores psicosociales.

### **1. ASPECTOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO**

Oborne, (1990), diferencia en dos grandes grupos los aspectos que intervienen en el diseño del lugar de trabajo: (D.J. OBORNE, 1990).

- A. Físicos.
- B. Sociales.

Dentro de los requerimientos físicos se encuentran:

- a) Antropometría.
- b) Lógica de controles.
- c) Distribución de planta.
- d) Nivel de iluminación.
- e) Nivel de ruido.
- f) Ventilación.

Entre los requerimientos de tipo social se encuentran:

- a) Espacio personal.
- b) Equipo de trabajo.
- c) Perspectivas de autoactualización.
- d) Territorialidad.

Como puede apreciarse en el diseño del lugar de trabajo intervienen todos los factores ya analizados en el presente curso, factores que se interrelacionan en una conexión bio-psico-social del hombre en la organización.

### **2. COLORES**

Un uso adecuado de los colores puede propiciar un ambiente agradable de trabajo y de esta manera contribuir a la eficiencia de su labor, a su estabilidad emocional y a la imagen de la empresa.

Es importante el juego entre colores mediante sus tonos y matices; el matiz permite diferenciar un color de otro mientras que el tono se define por la ubicación de ese color dentro de la gama que resulta de combinar ese color con claros y oscuros.

Algunas combinaciones se sugieren para fines de información: (C. Ramírez Cavassa, 1986).

- Negro sobre amarillo.- Advertencia de accidentes.
- Verde sobre Blanco.- Zonas de seguridad.
- Rojo sobre Blanco.- Indicación con relación a incendios.
- Azul sobre blanco.- Transmisión de informaciones
- Negro sobre blanco.

No se recomiendan:

- Rojo y verde.
- Rojo y coral.
- Azul y amarillo.

Se tienen colores que se toman como un código normalizado:

- Rojo.- Peligro.
- Amarillo.- Atención.
- Verde.- Normal.

También los colores pueden influir en el ánimo de las personas:

Colores fuertes y calientes: rojo, anaranjado, amarillo, crema, marfil, preferidos principalmente en regiones frías.

Colores suaves y fríos: Verde, azul, azul-verde, preferidos principalmente en regiones cálidas.

Colores neutros: Amarillo, verde, rojo, violeta, gris, etc.

## **LA FATIGA**

El concepto de fatiga parece ser simple y en el lenguaje cotidiano es sinónimo de cansancio, sin embargo hay una distinción entre fatiga muscular y fatiga mental. La fatiga muscular se caracteriza por la molestia e incluso dolor de los músculos correspondientes y por el aumento de la incapacidad y debilidad de movimiento muscular.

Es importante considerar pausas de descanso durante el trabajo y éstas irán en proporción a la intensidad del mismo. En general los descansos cortos son más recomendables que los largos y muy espaciados.

Para los músculos del brazo resulta muy cansado trabajar por encima de la cabeza. Por otro lado, cualquier cosa que impida el suministro de oxígeno a un músculo, aumenta el riesgo a la fatiga, y la carga que puede soportar un músculo está relacionada con el tamaño del mismo.

Es difícil dar cifras exactas, pero si se utiliza un músculo por encima de un 50 % de su capacidad, se fatigará, mientras que si se utiliza a un 25 % de ella, el músculo puede desarrollar bastante más tiempo e indudablemente los efectos de la fatiga serán menores.

Merece la pena detenerse un instante y pensar que el trabajo estático y repetitivo es mucho más fatigante que el trabajo rítmico, esto se debe a la facilidad en el segundo caso del flujo sanguíneo.

### **Pautas generales para el diseño de lugares de trabajo individuales**

Prioridad en competición.

- | De primera prioridad: Tareas visuales de primer orden.
- | De segunda prioridad: Controles de primer orden que se interrelacionan con tareas visuales de primer orden.
- | De tercera prioridad: Relaciones control / display

Se pueden distinguir cuatro clases de factores:

- ◆ Factores inherentes al objeto
- ◆ Factores inherentes al operario
- ◆ Factores inherentes al proceso de trabajo
- ◆ Factores inherentes al ambiente

La capacidad de rendimiento del sistema hombre – máquina está determinada por el juego complejo de todos estos factores.

### **IMPORTANCIA**

Es de gran importancia la satisfacción en el empleo de sus trabajadores y tratar de mejorarla.

Esto gira en torno a cuatro interrogantes críticas:

- ◆ ¿Hay espacio para mejoras?
- ◆ ¿Quién está relativamente más insatisfecho?
- ◆ ¿Qué contribuye a la satisfacción del empleado?
- ◆ ¿Cuáles son los efectos de las actitudes negativas de los empleados?

### **CONDICIONES IDEALES PARA LA ENCUESTA**

Las encuestas tienen una mayor probabilidad de producir algunos de los beneficios anteriormente señalados cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- ◆ La alta dirección o gerencia apoya activamente la encuesta.
- ◆ Los empleados están totalmente involucrados en la planeación de la encuesta.
- ◆ Existe un propósito claro para realizar la encuesta.
- ◆ El estudio se diseña y aplica siguiendo los lineamientos de una investigación sólida.
- ◆ La gerencia es capaz y está dispuesta a tomar acciones de seguimiento.
- ◆ Tanto los resultados como los planes de acción son dados a conocer a los empleados.

## TRABAJO CON TODO EL SISTEMA

Cinco pasos que se recomiendan a la gerencia para lograr un cambio exitoso, son:

1. Hacer solamente los cambios necesarios y útiles. Evitar cambios innecesarios.
2. Cambiar por evolución, no por revolución (esto es, gradual, no dramáticamente).
3. Reconocer los posibles efectos del cambio e introducirlo al mismo tiempo que se atienden las necesidades humanas del personal.
4. Compartir con los empleados los beneficios del cambio.
5. Diagnosticar los problemas que quedan después del cambio, y atenderlos.

El cambio, cuando se maneja inadecuadamente, se manifiesta en retraimiento y lentitud.

## DIMENSIONES CENTRALES

Son aquellas que enriquecen específicamente el empleo. Si una falta, los trabajadores se sienten marginados psicológicamente.

Las dimensiones centrales son:

- ◆ *Variedad en la tarea.* Desempeño de diferentes ocupaciones.
- ◆ *Identificación con la tarea.* Desempeño de una unidad completa de trabajo.
- ◆ *Significado de la tarea.* El trabajo que parece ser importante.
- ◆ *Autonomía.* Cierta control del empleado sobre sus propios asuntos.
- ◆ *Retroalimentación.* Información sobre el desempeño.

Algunos trabajadores pueden no desear empleos enriquecidos:

- ◆ Si son incapaces de tolerar mayor responsabilidad
  - ◆ Si no gustan de desempeñar tareas más complejas
  - ◆ Si se sienten incómodos con el trabajo en grupo
  - ◆ Si no gustan de reaprender
  - ◆ Si prefieren la seguridad y la estabilidad
  - ◆ Si se sienten a gusto con la autoridad del supervisor
  - ◆ Si sus habilidades no son adaptables
  - ◆ Si prefieren renunciar a sus empleos
- El equipo complicado puede no ser adaptable
- El programa puede desequilibrar el sistema de producción
- Pueden reducirse los roles del staff o de los supervisores



- Los empleados enriquecidos pueden aumentar la insatisfacción económica
- Pueden aumentar los costos:
  - ◆ Costos iniciales, como los de capacitación
  - ◆ Costos a largo plazo, como más equipo
- El sindicato puede oponerse a los propósitos y esfuerzos del programa.

¿El empleado tolera la responsabilidad?

¿Qué tan fuertes son sus necesidades de crecimiento y logro?

¿Cuál es la actitud del empleado para trabajar en grupo?

¿Puede trabajar con mayor complejidad?

¿Qué tan intensos son sus deseos de tener seguridad y estabilidad?

¿Los empleados considerarán importantes los cambios en el trabajo?

Las características que deben estudiarse comprenden su forma y dimensiones, la altura e inclinación del asiento, el respaldo y los materiales empleados para su construcción.

Un requisito importante, para su postura sedentaria satisfactoria, es que el peso del cuerpo debería tomarse mediante las tuberosidades isquiáticas, que son los promontorios óseos de cada lado de la pelvis.

La altura del asiento, para cualquier persona, se obtiene midiendo la distancia desde el talón hasta la corva. Es necesario tener en cuenta la altura del tacón del calzado que se emplee y también la curvatura de los muslos.

Para que las sillas sirvan para la mayoría de la población, hombre y mujeres, la altura del asiento debería estar comprendida entre 35.5 y 45.5 cm. Los asientos graduables son más convenientes pero son costosos, y muchas veces no se utilizan adecuadamente. Una altura de 40.5 cm (16 pulgadas) parece ser satisfactoria con tal que exista espacio para que las personas más altas puedan estirar las piernas.

La siguiente dimensión que se necesita es la longitud desde la corva hasta la parte posterior de las nalgas. Una silla ajustada al individuo más alto resultaría para el más bajo, pues o el borde del asiento le molestaría en las corvas o el individuo tendría que sentarse hacia delante y no podría usar el respaldo.

Las dimensiones satisfactorias para la profundidad y la anchura son de 30.5 a 35.5 cm de profundidad y de 33 a 38 cm de ancho.

La dimensión siguiente tiene por objeto proporcionar apoyo a la espalda y región lumbar. Idealmente el apoyo de la espalda debería ser ajustable y tener aproximadamente 10 cm de profundidad.

Con todo el esquema anterior y tomando en consideración el marco de referencia de la necesidad de lograr competitividad en el sector productivo, la empresa puede tener la viabilidad para mejorar la productividad de su proceso productivo. Dado que el proyecto en perspectiva no se concreta en corto plazo, será necesario tener una visión a futuro, a largo plazo, probablemente tres años.

La metodología para realizar esta vinculación comprenderá todas las funciones de la organización o en un cierto caso, de un sector específico de la misma, deberán ser formulados objetivos cuantificables y la serie de medios para lograrlos, es decir se requerirá formular un estado deseado mediante la planeación estratégica.

Con la planeación estratégica aplicada a desarrollar la metodología de estudio del medio ambiente laboral se permite definir el marco referencial necesario para lograr una ventaja competitiva de la empresa sobre sus posibles competidores al poder desarrollar la habilidad en sus procesos para anticiparse, adaptarse y propiciar el cambio en cuanto a la forma productiva de trabajar hacia la mejora continua de sus productos, sean éstos bienes o servicios con miras a satisfacer las necesidades detectadas y nuevas expectativas del cliente tanto interno como externo.

Estableciendo un enlace de unos como sector educativo hacia otros como sector empresarial, se requiere tener una clara percepción de la constitución del conjunto que se conforma. Tomando como marco el contexto nacional mexicano se puede precisar lo siguiente:

a) Tipo de empresa de acuerdo a la actividad principal que desempeñan:

- Industriales
- Comerciales
- Servicio

b) Dentro de esa clasificación se genera otra referente al tamaño:

- Micro                      1 – 15 personas
- Pequeña                  16 – 100 personas
- Mediana                  101 – 250 personas
- Grande                    251    personas en adelante

En México, se tiene una gran cantidad de empresas que caben en las tres primeras categorías, con esto se puede concluir que el mercado que se les presenta a las escuelas, aquel al que se ofrece la vinculación para impactar en su proceso, son en su mayoría de tipo familiar, lo cual no quiere decir que sea una desventaja, sino por el contrario debe tomarse como un punto de oportunidad para lograr impactar en su competitividad, no de manera unitaria sino en su conjunto.

El pronóstico de mejora puede ser una realidad si se trabaja desde las Cámaras y Asociaciones de Industriales, integrando a sus afiliados en la perspectiva de asegurar y garantizar la calidad de sus productos y por ende la aceptación de los clientes y consumidores, y contando, como se ha explicado, con la asesoría participativa de entidades académicas y profesionales.

### **Conceptos utilizados.**

TELEOLÓGICO.- La organización persigue objetivos definidos

EQUIFINALIDAD.- Es posible alcanzar tales objetivos por diferentes estrategias

SINERGIA.- El efecto del todo es mayor que la suma de los efectos de sus partes

ENTROPÍA.- Acumulación de energía negativa

HOLÍSTICO.- Concepción de la empresa como un todo

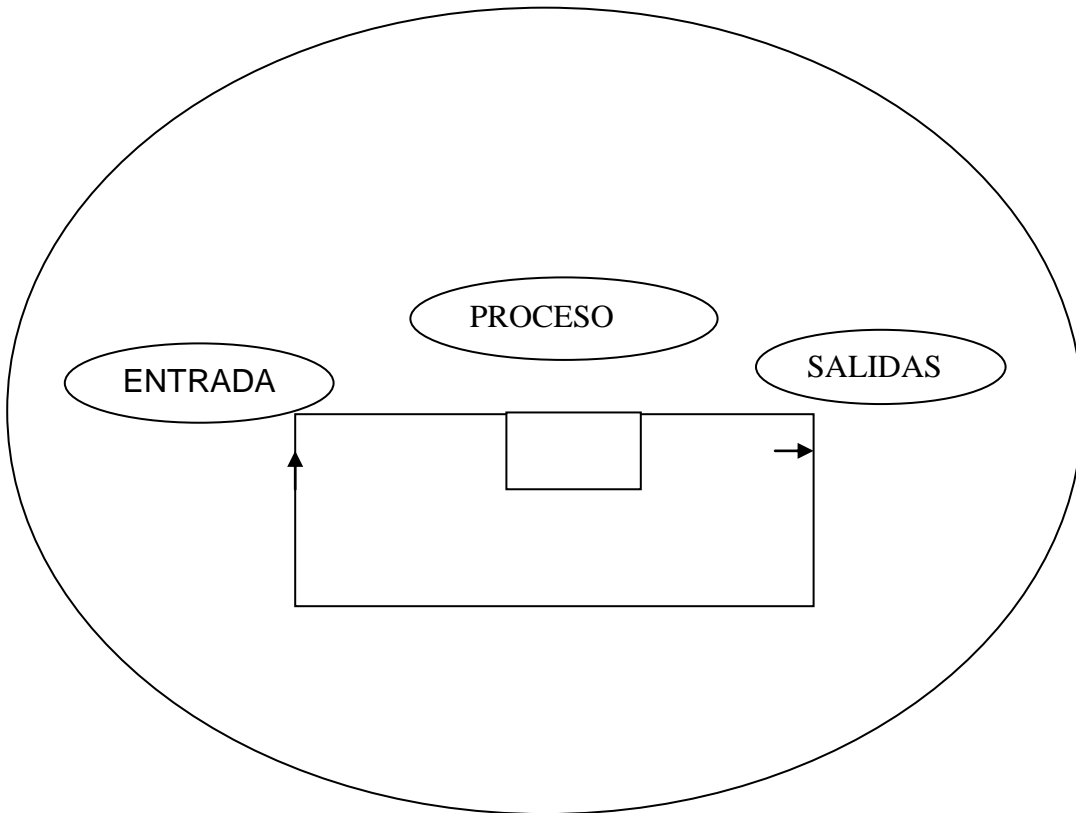


Fig. 1. Esquema del enfoque de sistemas en la organización

**SUPRASISTEMA.-** El conjunto de entidades que rodea a la organización también conocido como: MEDIO AMBIENTE, CONTEXTO

**GRUPOS DE IMPACTO.-** Todo aquel ente social que tiene influencia hacia la empresa en su proceso productivo, tales como:

- Competidores.
- Sindicatos.
- Gobierno.
- Comunidad.
- Proveedores.
- Cambios Tecnológicos

### **ENFOQUE BASADO EN PROCESOS.**

Se requiere que la organización se dirija y controle en forma sistemática y transparente, para ello se implementa y mantiene un sistema de gestión que esté diseñado para mejorar continuamente su desempeño.

El enfoque a través de un sistema de gestión para las organizaciones a analizar los requisitos del cliente, definir los procesos que contribuyen al logro de productos aceptables para el cliente y a mantener estos procesos bajo control

Cualquier actividad, o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entradas en resultados puede considerarse como un proceso, el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y sus interacciones se conocen como “enfoque basado en procesos”.

Mediante el enfoque de procesos se facilita la gestión de las actividades y funciones en una organización nos permite identificar que las interrelaciones se generan por el intercambio de información de un departamento a otro o de una instancia a otra dentro del concepto de cliente – proveedor, en su sentido más amplio.

Surge entonces el término “cadena de valor” que sugiere una serie de procesos interrelacionados que aportan al producto un agregado a su valor conforme va siendo transformado de materia prima a bienes o servicios.

## **CONCEPTO DE PROCESO**

**“Conjunto de actividades muyuamente relacionadas que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados” Norma ISO 9001:2000.** Los productos son entonces los resultados de un proceso los que pueden ser: Bienes: calzado, autos, refacciones, etc. Servicios: mensajería, limpieza, telefonía, etc.  
Información: métodos de trabajo, instrucciones, software, etc.

Existen un conjunto de normas que indican cómo implementar el enfoque de procesos en el sistema de gestión de la calidad para la empresa:

NMX-CC-9000-IMNC-2000(ISO/TC 176)

NMX-CC-9001-IMNC

NMX-SSA-001-IMNC

El concepto de gestión conlleva dos aspectos importantes: la planeación estratégica del proceso y del producto y el control del proceso y del producto.

## **PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**

La planeación estratégica contiene como base el proyectar a la empresa desde el escenario futuro, el estado que se desea alcanzar dentro de cierto tiempo y con ciertas características de diseño de los procesos y los productos. Se definen objetivos, visión, misión, políticas, filosofía y metas, considerando estrategias y tácticas que pueden ser el medio para ver cumplidos los deseos establecidos en un principio.

El control requiere de un profundo conocimiento del proceso, de ahí surge la identificación de variables que son las áreas clave de mejora KIA's, que al mismo tiempo permiten desarrollar indicadores clave de desempeño KPI's

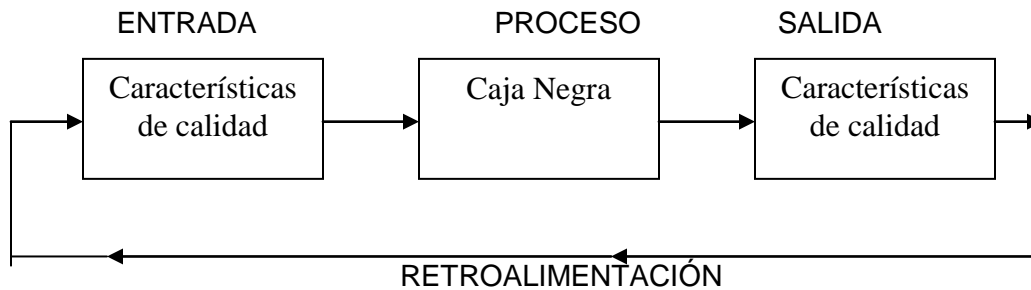


Fig. 4. Representación básica de un proceso

Un proceso es la mezcla y la transformación de un grupo específico de insumos en un conjunto de rendimiento de mayor valor. Satisfacer con éxito las necesidades de los clientes es la razón de existir del proceso. Malos insumos dan origen a malos rendimientos

Cuando los resultados esperados no se están alcanzando o cuando se está perdiendo competitividad en el mercado se hace necesaria la reingeniería del proceso. Ésta consiste en analizar de manera particular cada uno de los subprocesos, de sus entradas, salidas, mecanismos de control, características de calidad, personal y su desempeño, en fin todos los parámetros de referencia como son objetivos, metas, escenario futuro, benchmarking, etc.

La apertura que debe darse es la de aceptar que lo que está hecho e implementado puede ser susceptible de mejorarlo de manera que no se obstaculice la revisión y que se desarrolle de manera objetiva.

Principios:

- Orientación al qué del proceso de trabajo , no al quién
- Usar el quién para arreglar el qué
- Eliminar el desperdicio del proceso
- Simplificarlo todo
- Combinar varios pasos del proceso
- Diseñar procesos con rutas alternas
- En la medida de lo posible, dejar que el cliente ayude en el proceso
- Usar la tecnología para mejorar en forma sustancial el desempeño del proceso

Facilita:

- Aumentar la calidad de los rendimientos
- Reducir los costos del proceso
- Comprimir los tiempos de ciclo

Se requiere:

- Comprender la diferencia entre trabajo y desperdicio
- Identificar todas las actividades que representan desperdicio
- Eliminar o reducir al mínimo todo el desperdicio del proceso

El método de los siete pasos para analizar y mejorar los procesos:

- Definir los límites del proceso
- Observar el flujo del proceso
- Recolectar los datos relativos al proceso
- Analizar los datos que se recolectaron

- Establecer las áreas a mejorar
- Desarrollar mejoras
- Implantar y vigilar las mejoras

Ingredientes clave para aplicar con éxito la reingeniería de procesos:

- Recolectar con rapidez y la profundidad apropiada los datos necesarios del proceso
- Analizar tales datos
- Identificar los puntos débiles y las áreas que necesitan mejorar
- Seleccionar e implantar una estrategia de mejora con la mayor rapidez posible

## **LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Una definición de ingeniería para este apartado es la siguiente: "La ingeniería agrupa el conjunto de conocimientos y medios tecnológicos necesarios para la consecución de invenciones, perfeccionamiento y desarrollo material de construcciones, fuentes de energía y demás campos técnicos de la industria", (ENCICLOPEDIA HISPÁNICA, 1991).(9)

La ingeniería surge como resultado de la interacción del hombre con su medio ambiente y de la constante búsqueda por lograr beneficios para satisfacer sus necesidades. La ingeniería, en su amplio campo de influencia, contempla disciplinas que se pueden aplicar para resolver problemas diversos , en esta gama multidisciplinaria se encuentra la Ingeniería Industrial.

La Ingeniería Industrial, en la UPIICSA-I.P.N., nace bajo el concepto de interdisciplinariedad, contempla diversas áreas del conocimiento y fomenta su interrelación para que de una manera global pueda conceptualizar las posibles soluciones de la problemática presentada dentro del aparato productivo.

Para la investigación en cuestión, los estudios ergonómicos concentran toda la atención. Para realizarlos la Ingeniería Industrial se apoya en la ergonomía. La ergonomía a su vez, se relaciona con disciplinas como la investigación, el estudio del trabajo y el estudio de tiempos y movimientos.

Ahora bien, la Ingeniería Industrial, concebida como tecnología sistemática, interactúa con otras disciplinas para dar paso a la ergonomía, por este motivo el presente trabajo se abordará con un enfoque multidisciplinario retomando aspectos anatómicos, fisiológicos, psicológicos y sociales, conceptualizando así al ser humano como un ente bio-psico-social.

## **INGENIERÍA INDUSTRIAL VISIÓN AL AÑO 2020**

El campo de acción de la ingeniería industrial se tiene principalmente en todos los niveles de la organización con un proceso productivo, sean éstas públicas o privadas, tanto nacionales como internacionales o en el propio negocio.

Se distinguen algunas áreas de desarrollo como son los sistemas productivos y administrativos donde se realice consultoría, investigación. Otra alternativa se tiene en la docencia en el campo de administración de nuevas tecnologías con el empleo de asignaturas de

- Calidad
- Productividad
- Ergonomía
- logística

El ingeniero industrial posee competencias en modelación para problemas de manera tal que propicia el fomentar la mejora en la productividad. Se facilita el desarrollo de procesos, organizar la logística y de la manufactura. Acorde a los avances tecnológicos, es capaz de la integración de nuevas tecnologías y conceptos como son las Técnicas de información, TICS; el precepto de sustentabilidad y se apoya para realizar los estudios de herramientas metodológicas.

Además de los anteriores el ingeniero industrial se destaca por su habilidad organizadora e integradora a la vez que utiliza el área creativa de su pensamiento para lograr ser innovador, analítico, interdisciplinario, proactivo y modelador de la realidad, habilidades requeridas para atender requerimientos actuales en las organizaciones necesitan cuando éstas incursionan en alcanzar la excelencia mediante la certificación de sus procesos, el trabajo colaborativo, la visión estratégica, la gestión tecnológica, la sistematización de la información y el manejo de indicadores para evidenciar su mejora continua.

En las universidades se forman recursos humanos con gran sentido del compromiso social siendo líderes proactivos al cambio, con alto sentido del trabajo en equipo, con valores de apego a la institución, altamente participativos y con la habilidad para investigar, todo ello con un amplio sentido de la innovación.

### **La carrera tecnológica**

- Tendencias en el manejo de información
  - Apoyo con videos
    - Blogs
  - Uso de páginas Web

- Videoconferencias
- Espectro electromagnético
  - Dispositivos electrónicos
- Aplicando base de datos
  - Yahoo, mashups
- Estrategia de inteligencia de negocios
  - Contribución con información
- Sistemas de redes sociales
  - Facebook, tweeter
- Administración del conocimiento
  - Según los recursos de la organización
    - Tangibles
    - Intangibles
      - Know-how
  - El conocimiento en la organización se genera y se administra para compartirlo, emplearlo, desarrollarlo y añadirlo a su cultura y así hacer eficiente su capital intelectual y su productividad
- **En el 2020**
- Las organizaciones
  - Tecnologías hacia el genoma humano, nanotecnologías, nuevos materiales, fuentes alternativas de energía
  - Visión sistémica y holística
  - Trabajo autónomo
  - Simulación virtual
- Los ingenieros industriales
  - Inteligencia emocional
  - Alto sentido de lealtad



- Dominio de idiomas
- Interdisciplinario y multidisciplinario
- Actualización permanente y certificada
- Alto sentido del compromiso

Responsabilidad social

## *REINGENIERÍA DE PROCESOS*

El método de siete pasos para la reingeniería de procesos:

1. Definir los límites del proceso.
2. Observar el flujo del proceso.
3. Recolectar los datos relativos al proceso.
4. Analizar los datos que se recolectaron.
5. Establecer las áreas a mejorar.
6. Desarrollar mejoras.
7. Implantar y vigilar las mejoras.

El método es sencillo y fácil de seguir. Funciona de la manera siguiente:

1. Primero se identifica el proceso, o parte del mismo, que se desea mejorar. Después, se definen los límites del mismo, es decir, su inicio y fin. Asimismo se identifican rendimientos y se seleccionan las medidas pertinentes.
2. A continuación, se observan los pasos del proceso, incluyendo lo que en realidad ocurre y cuál es el flujo del proceso. Mientras se observa todo esto, se registra lo que se descubre.
3. Ya sea durante o después de la fase de observación, también se recaban todos los datos cuantitativos relevantes relativos al proceso. Es preciso recordar que una medida es un dato cuantitativo del proceso.
4. Después de recolectar los datos, se les analiza y resume. En otras palabras, se determina lo que significan y de qué manera son importantes.
5. Con base en los datos analizados, se identifican áreas de mejora. Primero se va detrás de las más grandes. Después de eso, se sigue con las más pequeñas.
6. Una vez que se identificó lo que se desea mejorar, se desarrolla algún tipo de método de mejora. Se desarrolla una "cura para la enfermedad".
7. Después de desarrollar un arreglo, implantarlo. Comprobarlo. Durante este período de pruebas, se vigila asimismo la mejora para determinar su funcionamiento.

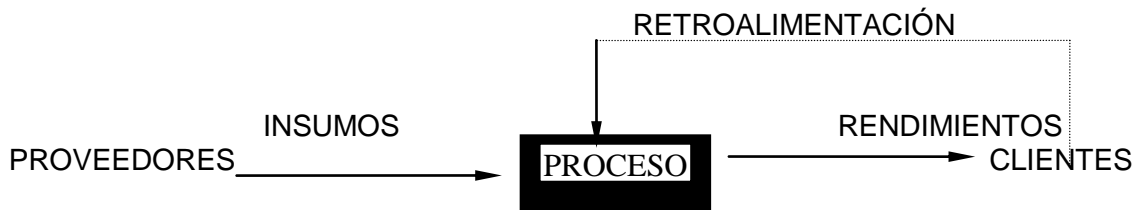
Principios de la reingeniería de procesos

1. Eliminar el desperdicio.
2. Reducir el desperdicio al mínimo.
3. Simplificar, simplificar, simplificar.
4. Cada vez que sea posible, combinar pasos de procesos.
5. Diseñar procesos con rutas alternas.
6. Pensar en paralelo, no en línea.

7. Recabar en los datos en su origen.
8. Usar la tecnología para mejorar los procesos.
9. Dejar que los clientes ayuden en el proceso.

Existen innumerables formas de perfeccionar los procesos y hacerlos mejores, más rápidos y más baratos. Sin embargo, cuando se revisa cualquier esfuerzo de reingeniería de procesos, la filosofía básica siempre es la misma: eliminar o reducir al mínimo el desperdicio.

### Un modelo de proceso



### Características deseadas del proceso.

*Eficacia* supone calidad de un rendimiento; su influencia sobre un cliente. Un proceso eficaz satisface las necesidades de los clientes. Los rendimientos de alta calidad constituyen clientes contentos. Y estos son buenos.

*Confiabilidad* permite consistencia en el proceso; el nivel de calidad de rendimiento es igual.

La *eficiencia* se relaciona con la velocidad del proceso; cuánto tiempo es necesario para transformar los insumos en rendimientos.

La *economía* es el costo de transformar el conjunto de insumos en un producto con rendimientos.

Los programas de reingeniería de procesos enseñan:

- Φ Escuchar a los clientes y darles lo que desean.
- Φ Desarrollar buenas relaciones con los proveedores.
- Φ Mejorar el proceso en forma constante.

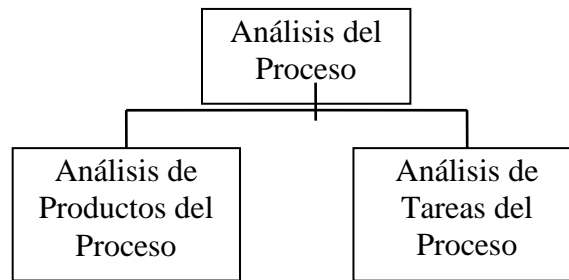
Un proceso es la mezcla y transformación de insumos en rendimientos. Al transformar los insumos en rendimientos, se realiza una serie de pasos.

El rendimiento está en el artefacto ya ensamblado y listo para su embarque

El propósito final de cualquier análisis del proceso es:

- Elevar la calidad del proceso.
- Aumentar la eficiencia del proceso.
- Reducir los costos relativos al proceso.
- Hacer el trabajo más sencillo y menos fatigoso.

- Hacer el trabajo más seguro.



Un análisis de tareas del proceso se orienta sobre lo que se le hace a un objeto.

En un análisis de tareas del proceso, se es “uno” con la persona. En el análisis de productos del proceso, se es uno con el objeto.

Algunos comentarios finales

1. Es preciso comenzar a pensar de nuevo y aplicar la reingeniería a la forma de trabajar. Es preciso enfocarse en el qué, no al quién. Es preciso aplicar la reingeniería en el qué: es decir, a los procesos de trabajo. Se ha de aprender a trabajar en forma más inteligente, no más intensa. Es preciso hacer los procesos mejores, más rápidos y más baratos.

2. El tiempo que se invierte en el trabajo puede dividirse en dos componentes: Trabajo y desperdicio. Existe el trabajo cada vez que una actividad hace avanzar el proceso o le agrega valor a un rendimiento. Por el contrario, el desperdicio representa todas las actividades que no agregan valor. El desperdicio incluye esfuerzo, tiempo, materiales, movimientos, costos, etcétera. El desperdicio no agrega valor ni hace avanzar los procesos. En vez de ello, sólo hace crecer las demoras y los costos. En realidad, la razón de ser de la reingeniería de procesos es eliminar el desperdicio excesivo del lugar de trabajo.

3. La eficiencia de trabajo es una expresión matemática de la cantidad de trabajo -expresado como no desperdicio- en un proceso. La eficiencia de trabajo se expresa como:

$$\frac{\text{Trabajo}}{\text{Trabajo} + \text{Desperdicio}} \times 100$$

La eficiencia ideal de trabajo para cualquier proceso es del 100 por ciento. Mientras más cerca esté de alcanzar esta cifra ideal, mejor estará el proceso.

4. Los resultados de la reingeniería de procesos pueden ser:

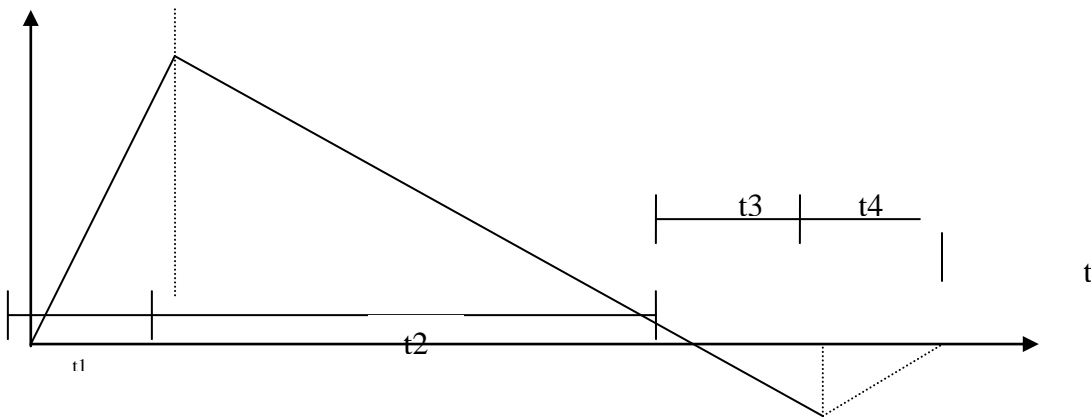
- Se realiza más trabajo en la misma cantidad de tiempo.
- Se realiza la misma cantidad de trabajo en menos tiempo.

## MODELOS DETERMINISTICOS

Estos modelos corresponden a una simplificación exagerada de la realidad donde la información es determinística, se trabajan órdenes de producción por contrato y aún de manera irónica se observa que tienen éxito en la toma de decisiones.

### 1.- **INVENTARIO DE UN SOLO PRODUCTO, DEMANDA CONSTANTE, REVISIÓN CONTINUA.**

Corresponde al gráfico I-t siguiente: INVENTARIO



Este gráfico representa la relación entre el inventario de existencias y la demanda a través del tiempo y muestra el ciclo repetitivo que se produce, donde en el tiempo  $t_1$  se produce hasta un máximo  $S$ , luego en el tiempo  $t_2$  las existencias se comienzan a consumir hasta llegar a un nivel cero, posteriormente, en el tiempo  $t_3$  comienza a acumularse una demanda insatisfecha hasta un máximo  $D$  que se considera NEGATIVO ya continuación se comienza a producir de nuevo hasta nuevamente alcanzar el cero y así se repite continuamente.

Nuestro objetivo es el determinar cuál es la producción mínima que optimice los costos, así como la frecuencia de dicha producción.

Un análisis matemático nos remite a las siguientes expresiones.

$$t_2^* = \sqrt{\frac{2C_2 C_3 (1-r/k)}{r (C_1 + C_2) C_1}}$$

$$t_3^* = \sqrt{\frac{2C_1 C_3 (1-r/k)}{r (C_1 + C_2) C_2}}$$

$$q^* = \sqrt{\frac{2r C_3}{C_1} \frac{1(C_1 + C_2)}{(1-r/k) C_2}}$$

$$s^* = \sqrt{\frac{2r C_2 C_3 (1-r/k)}{(C_1 + C_2) C_1}}$$

$$D^* = \sqrt{\frac{2r C_1 C_3 (1-r/k)}{(C_1 + C_2) C_2}}$$

$$C^* = \left[ \frac{2r C_1 C_2 C_3 (1-r/k)}{C_1 + C_2} \right]^{1/2}$$

En donde:

$C_1$  = Costo de mantenimiento por unidad de tiempo  $C_2$  = Costo unitario penal por unidad de tiempo  $C_3$  = Costo fijo por cada proceso de producción  $r$  = Tasa de demanda

$k$  = Tasa de producción ( $k > r$ )

$q$  = Variable de decisión que indica la cantidad de producción (reorden en cada proceso productivo, compra).

$t_2$  = Valor óptimo del tiempo  $t_2$  en el cuál no se produce

$b$  = Valor óptimo del tiempo  $t_2$  en el cuál no se produce y si se consume  $q$  = Valor óptimo de  $q$

$s^*$  = Valor óptimo de inventario neto en  $t_1$  unidades de tiempo  $O$  = Valor óptimo de demanda

diferida total acumulada  $C$  = Costo total óptimo (mínimo)

De éstas relaciones genéricas es posible inferir dos casos particulares importantes, el primero de ellos se denomina PRODUCCIÓN INSTANTÁNEA y es cuando  $k$  es mucho mayor que  $r$ , por lo que  $k$  se hace tender al infinito y simplifica nuestras fórmulas desapareciendo el factor  $(1 - r/k)$ , el segundo caso se denomina LOTE ECONÓMICO y consiste en no permitir que exista demanda diferida y además aquí,  $C_2$  tiende al infinito y el tiempo  $b$  a cero; la relación  $C_2 / (C_1 + C_2)$  tiende a la unidad y también simplifica nuestras fórmulas.

Unas de las mayores dificultades para la aplicación de estos modelos es la obtención de los datos fidedignos y oportunos para establecer los parámetros requeridos.

## II. INVENTARIO DE UN SÓLO PRODUCTO,

### DEMANDA CONSTANTE, DESCUENTO EN LOS PRECIOS, Y REVISIÓN CONTINUA.

En este caso, el precio del producto es una función discontinua de la cantidad de demanda, o sea corresponde al caso en el cual por lo general, si compras más, te lo venden a menor precio, aquí se supone que la producción es instantánea y la demanda es diferida, además:

$r$  = Tasa de demanda

$C_1$  = Costo unitario de Mantenimiento

$C_3$  = Costo fijo de producción o de reorden

$q$  = Variable de decisión de cuánto producir u ordenar  $P_1$  = Precio unitario en el rango de 0 a  $k_1$  piezas

$P_2$  = Precio unitario en el rango de  $k_1$  piezas para arriba.

El costo total es:

Costo de producción + costo fijo + costo de mantenimiento.

y  $C_j(q)$ ,  $j = 1, 2$  es:

$$C_j(q) = \begin{cases} 0 & , \text{ si } q = 0 \\ p_1 r + \frac{C_3 r}{q} + \frac{1}{2} C_1 q & , \text{ si } 0 < q \leq k_1 \quad j = 1, 2 \\ p_2 r + \frac{C_3 r}{q} + \frac{1}{2} C_1 q & , \text{ si } k_1 < q \end{cases}$$

discontinua si  $q = k_1$

resolviendo  $\frac{dc}{dq} = 0$  obtenemos:

$$q^* = \sqrt{\frac{2 C_3 r}{C_1}}$$

Si definimos a  $q_1$  como la cantidad que satisface

$$p_1r + \frac{C_3r}{q^*} + \frac{1}{2} C_1q^* = p_2r + \frac{C_3r}{q_1} + \frac{1}{2} C_1q_1$$

obtenemos que :

- Caso 1** Si  $k_1 \leq q^*$   
 $C_2(q^*) = p_2r + \frac{C_3r}{q^*} + \frac{1}{2} C_1q^*$
- Caso 2** Si  $k_1 \geq q^*$  y a la vez  $k_1 \leq q_1$ , o sea  $q^* < k_1 \leq q_1$   
 $C_2(k_1) = p_2r + \frac{C_3r}{k_1} + \frac{1}{2} C_1k_1$
- Caso 3** Si  $k_1 \geq q_1$   
 $C_1(q^*) = p_1r + \frac{C_3r}{q^*} + \frac{1}{2} C_1q^*$

Este tipo de costos discontinuos se presentan cuando hay que utilizar tiempos extras en una producción normal, o bien cuando un programa de éste tipo debe alterarse.

### **1/1. INVENTARIO DE VARIOS PRODUCTOS CON DEMANDA CONSTANTE" REVISIÓN CONTINUA y LIMITACIÓN DE ESPACIO DE ALMACENAMIENTO.**

Este modelo considera que existen  $n$  ( $n > 1$ ) productos, cuya demanda es constante y que compiten por un espacio limitado de almacenamiento de capacidad  $O$ .

Definimos los parámetros listados a continuación y con base en la función del costo total para un solo producto correspondiente al párrafo de Inventario I, obtenemos por análisis matemático la función para éste renglón de inventarios:

$q_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) = 11 productos

$C_{3i}$  ( $i = 1 \dots n$ ) = Costo fijo de cada producto

$C_{1i}$  ( $i = 1 \dots n$ ) = Costo de almacenamiento de c/u  $r_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) = demanda constante  $r_i$

Además se supone que la producción o reorden es instantáneo, que no existen descuentos en los precios y que no se permiten demandas diferidas.

$$\text{Por tanto } C = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{1}{2} C_{i1} q_i + \frac{C_{i3}}{q_i} \right]$$

y para obtener la producción óptima utilizamos :

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{y=1}^n v_y q_i + Q = 0 \quad \text{FUNCIÓN 1}$$

$$q_i^* = \sqrt{\frac{2r_i C_{i3}}{C_{i1} - 2\lambda^* v_y}} \quad i=1, \dots, n \quad \text{FUNCIÓN 2}$$

en donde :

- Q = Capacidad finita disponible
- $\lambda$  = multiplicador de Lagrange
- L = Lagrangeano
- $v_y$  = Volumen de cada producto y
- y  $\lambda < 0$
- (\*) = óptimo.

Para aplicarlo:

El valor de  $\lambda^*$ , que debe ser menor a cero, se encuentra por el método de error y prueba. En efecto se proporciona un valor negativo de  $\lambda$  y utilizando la *Función 2*, se obtienen valores provisionales de  $q_i$ ,  $i=1 \dots n$ . Con estos valores se prueba si se satisface la igualdad de la *FUNCIÓN 1*. Si no se satisface, se modifica el valor de  $\lambda$  por otro valor negativo y se repite el proceso, hasta lograr una aproximación de la igualdad.

#### **IV. INVENTARIO DE UN PRODUCTO, DEMANDA DINÁMICA y REVISIÓN PERIÓDICA.**

La característica principal de éste caso es de que existe una demanda determinística  $r_t$  en un horizonte finito  $t$  de  $N$  periodos;  $t = 1 \dots N$ , comúnmente la demanda determinística de cada periodo será diferente. Se supone que una orden de producción o compra de inventario se satisface instantáneamente y que no se permite diferir la demanda a periodos futuros. La revisión del inventario, para efectuar una decisión de compra o producción, será periódica, es decir,

Debido al uso de sub índices, conviene modificar un poco la notación. Sea

- $X_t$  = La variable de decisión que indica la cantidad que se ordena o se produce instantáneamente en el periodo  $t$ ,  $t = 1, 2, \dots, N$ .
- $r_t$  = La demanda determinística del período  $t$ ,  $t=1 \dots N$
- $Z_t$  = El inventario que se tiene al principio del periodo  $t$ , antes de tomar una decisión.
- $h_t$  = El costo unitario de mantenimiento del inventario que se acarrea del período tal  $t + 1$
- $k_t$  = El costo fijo de producción o reorden durante el periodo  $t$
- $C_t (X_t)$  = El costo marginal de re orden o producción, durante el periodo  $t$ , es una función de la variable de decisión  $X_t$ .



Sea  $C_t(X_t) = k_t + C_t(X_t)$ ,  $t = 1, 2, \dots, N$

La suma del costo fijo más el costo de reorden o producción durante el periodo  $t$ ,  $t = 1, \dots, N$ , donde :

0 si  $X_t = 0$

si  $X_t > 0$

$t:: 1, \dots, N$

Es una DELTA DE KRONECKER, que hace nulo el costo fijo si no hay una decisión de reorden o producción, y hace visible al costo fijo  $k_t$  en la Función  $g$ . si existe una decisión de reorden o producción. La Función  $g$ , permite costos unitarios diferentes por periodo e incluso costos discontinuos.

El problema está en calcular  $X_1, X_2 \dots X_n$  que minimiza la suma de los costos totales  $C_t$

(  $X_t$ ) para cada uno de los periodos de 1 a  $N$ .

Se resolverá éste problema por medio de:

- a) Técnicas de programación dinámica
- b) Algoritmos para casos especiales, tales como costos unitarios marginales decrecientes o constantes (Algoritmo de Wargner y Whitin)
- c) Técnicas de PROGRAMACIÓN ENTERA

Por ser más simples, recomendamos las técnicas de programación entera.

## MODELOS PROBABILISTAS INVENTARIO

En este capítulo veremos modelos de inventario en los que la demanda es incierta, o aleatoria, la demanda durante un periodo dado; modelos de inventario de periodo único en los que se termina un problema un vez que se ha hecho una decisión única de pedido.

## MODELOS DE DECISIÓN DE PERIODO ÚNICO

En muchos casos un tomador de decisiones se enfrenta al problema de determinar el valor de  $q$  de una variable,  $q$  puede ser, por ejemplo, la cantidad pedida o un artículo almacenado o la oferta o cotización en un contrato. Después de haber determinado  $q$ , se observa el valor  $d$  asumido por una variable aleatoria  $D$ . Dependiendo de los valores de  $d$  y de  $q$ , el tomador de decisiones incurre

en un costo  $c(d, q)$ . Suponemos que la persona es neutral hacia el riesgo y desea escoger  $q$  que minimice su costo esperado. Como la decisión se toma sólo una vez, aun modelo de este tipo lo llamaremos modelo de decisión de periodo único.

## EL CONCEPTO DE ANÁLISIS MARGINAL

Para el modelo de periodo único, supondremos que  $D$  es una variable aleatoria discreta de valor entero, donde  $P(D=d)=p(d)$ . Sea  $E(q)$  el costo esperado del tomador de decisiones si se escoge a  $q$ . Entonces

$$E(q) = \sum p(d)c(d, q)$$

En la mayoría de las aplicaciones prácticas  $E(q)$  es una función convexa de  $q$ . Sea  $q^*$  el valor de  $q$  que hace mínimo a  $E(q)$ . Si  $E(q)$  es función convexa, su gráfica debe verse más o menos como el de la figura:

Vemos en la figura que  $q^*$  es al valor mínimo de  $q$  para el cual  $E(q^* + 1) - E(q^*) \sim O(1)$

Así, si  $E(q)$  es función convexa de  $q$ , podemos determinar el valor de  $q$  que Minimice el costo esperado al hallar el valor mínimo de  $q$  que satisface la desigualdad (1). Debemos notar que  $E(q + 1) - E(q)$  es el cambio en costo esperado que se tiene al aumentar la variable  $q$  de decisión a  $q+1$ .

Para determinar  $q$  comenzamos con  $q = 0$ . Si  $E(1) - E(0) < 0$ , podemos beneficiarnos al aumentar  $q$  de 0 a 1. A continuación comprobamos si  $E(2) - E(1) < 0$ . Si esto es cierto, entonces al aumentar  $q$  de 1 a 2 se reducirá el costo esperado. Continuando de esta forma, vemos que al aumentar  $q$  en 1 se reducirán los costos esperados hasta el punto en el que tratemos de aumentar  $q$  de  $q$  a  $q + 1$ . En este caso, Si aun mentamos  $q$  en 1, aumentará el costo esperado. Según la figura, que es la adecuada si  $E(q)$  es función convexa, vemos que si  $E(q^* + 1) - E(q^*) \geq 0$ , entonces  $E(q + 1) - E(q) \geq 0$  para que  $q \geq q^*$ . Así,  $q^*$  debe ser el valor de  $q$  que reduce al mínimo a  $E(q)$ . Si  $E(q)$  no es convexa, este argumento no vale.

Este método determina a  $q^*$  al calcular en forma repetida el efecto de sumar una unidad marginal al valor de  $q$ . Por este motivo a menudo se denomina método de análisis marginal. Este método es muy útil cuando es fácil determinar una expresión sencilla para  $E(q + 1) - E(q)$ .

## EL PROBLEMA DEL VENDEDOR DE DIARIOS: DEMANDA DISCRETA

Las empresas con frecuencia se enfrentan a problemas en los que se tiene esta sucesión de eventos:

1. La empresa decide cuántas unidades pedir. Sea  $q$  el número de unidades pedidas.
2. Con una probabilidad  $p(d)$ , se tiene una demanda de  $d$  unidades. En esta sección supondremos que  $d$  debe ser entero no negativo. Sea  $D$  la variable aleatoria que representa la demanda.
3. Dependiendo de  $d$  y de  $q$ , se incurre en el costo  $c(d, q)$

Los problemas que siguen esta secuencia se llaman problemas del vendedor de periódicos. Para ver por qué es así. Pensemos en un vendedor que debe decidir cuántos periódicos debe pedir cada día a la editorial. Si el vendedor pide demasiados, se quedará con muchos sin vender, al final del día. Por otro lado, un vendedor que pide muy pocos periódicos perderá ganancias que podrían haber sido suyas si hubiera pedidos periódicos suficientes para cumplir con la demanda. El vendedor debe pedir el número de periódicos que equilibre en forma adecuada a esos dos costos.

Aquí mostraremos como se puede emplear el análisis marginal para resolver problemas cuando la demanda es una variable aleatoria discreta y  $c(d,q)$  tiene la forma siguiente:

$$c(d,q) = C_o q \quad (\text{términos sin } q) \quad d \leq q \quad (2)$$

$$c(d,q) = -C_u q + (\text{términos sin } q) \quad (d \geq q + 1) \quad (2.1)$$

En la ecuación (2),  $C_o$  es el costo unitario de comprar demasiado. Si  $d \leq q$ , hemos pedido más de lo que es la demanda; esto es, estamos sobre abastecidos. Si el tamaño del pedido aumenta de  $q$  a  $q+1$ , entonces la ecuación (2) muestra que el costo se incrementa en  $C_o$ . Por lo tanto,  $C_o$  es el costo debido a tener 1 unidad de excedente. A  $C_o$  se le llama costo de sobreabastecimiento. Igualmente, si  $d < q+1$ , tenemos faltantes, hemos pedido una cantidad menor que la demanda. Si  $d \leq q+1$  y aumentamos en 1 el tamaño del pedido, nuestro faltante será una unidad menor. Entonces (2.1) indica que el costo se reduce en  $C_u$  y, por lo tanto,  $C_u$  es el costo unitario de tener faltantes. A  $C_u$  se le llama costo de subabastecimiento.

Para deducir la cantidad óptima de pedido por medio del análisis marginal, sea  $E(q)$  el costo esperado si se hace un pedido de  $q$  unidades. Suponemos que la meta de quien toma las decisiones es encontrar el valor  $q^*$  que minimiza a  $E(q)$ . Si  $c(d,q)$  se puede describir mediante las ecuaciones (2) y (2.1) y si  $E(q)$  es función convexa de  $q$ , entonces se puede emplear el análisis marginal para determinar  $q^*$ .

Seguindo la ecuación (1), debemos determinar el valor mínimo de  $q$  para el cual  $E(q+1) - E(q) \geq 0$ . Para calcular  $E(q+1) - E(q)$  debemos tener en cuenta dos posibilidades :

- a)  $d \leq q$ . En este caso, si se piden  $q+1$  unidades en lugar de  $q$ , se hace que tengamos sobrante, o estemos sobre abastecidos en una unidad más. Esto aumenta en  $C_o$  el costo. La probabilidad que se tenga este caso es simplemente  $P(D \leq q)$ , donde  $D$  es la variable aleatoria que representa a la demanda.
- b)  $d \geq q+1$ . En este caso, pedir  $q+1$  unidades en lugar de  $q$ , hace que tengamos escasez de una unidad menos. Esto disminuirá  $C_u$  nuestro costo. La probabilidad de tener este caso es  $P(D \geq q+1) = 1 - P(D \leq q)$ .

En resumen, una fracción  $P(D \leq q)$  de las veces, pedir  $q+1$  unidades costará  $C_o$  más que si se piden  $q$  unidades, y una fracción  $1 - P(D \leq q)$  de las veces. Pedir  $q+1$  unidades costará  $C_u$  menos que si se piden  $q$  unidades. Así, en promedio, pedir  $q+1$  unidades cuesta

Co P(D≤q)-cu (1 -P(D≤q) Mas si se piden q unidades.

De modo más formal, hemos demostrado que

$$E(q+1)-E(q) = c_o P(D\leq q)-c_u (1-P(D\leq q))$$

$$= (c_o+ c_u)P(D\leq q)-c_u$$

Entonces  $E(q+1)-E(q)\geq 0$  será válida si

$$(c_o + c_u P(D\leq q)-c_u)\geq 0 \text{ o sea } P(D\leq q) \geq \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

Sea  $F(q) = P(D\leq q)$  la distribución de la función de demanda. Como es aplicable al análisis marginal, se acaba de demostrar que  $E(q)$  será reducida al mínimo por el valor mínimo de  $q$  ( si le llamamos  $q^*$  ) que satisface a

$$F(q^*) \geq \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

### EJEMPLO:

Tomando en consideración el problema de fabricación de las mesas del capítulo anterior, y adaptándolo al modelo probabilista de inventarios, específicamente al modelo del vendedor de periódicos, en la que se desea saber cuantas mesas debe pedir un distribuidor para maximizar la ganancia neta esperada debida a ventas, si las compra a \$180 y las vende a \$360, las mesas que no vende las regresa al fabricante y recibe \$100 por cada una.

Tabla 1

No. de mesas Vendidas	PROBABILIDAD
350	.30
400	.20
450	.30
500	.15
550	.05

Solución  
Sean

$q$  = No. de mesas que se piden  $d$  = No. de mesas necesarios

Si  $d \sim q$ , se incurre en los costos de la tabla 2. La ganancia es costo negativo. De acuerdo con la ecuación (2),  $C_o = \$80$ .

Si  $d > q+1$ , se incurre en los costos de la tabla 3. De acuerdo con la ecuación (2),  $-c_u = -180$ , o sea  $c_u = \$180$ . Entonces

$C_u 180 C_o + C_u 260$

De acuerdo con la ecuación (3), el distribuidor debe pedir  $q^*$  calendarios, donde  $q^*$  es el menor número para el cual  $P(D \sim q^*) \sim 2/3$ . Como función de  $q$ , " $P(D \sim q)$  aumenta solo" cuando  $q = 350, 400, 450, 500$  o  $550$ . Nótese que  $P(D \sim 350) = .30$ ,  $P(D \sim 400) = .50$ ,  $P(D \sim 450) = .80$ . Como  $P(D \sim 200)$  es mayor o igual que  $180/260$  se debe pedir  $q^* = 450$  mesas.

**Tabla 2**

	<b>COSTO</b>
Compra de $q$ mesas a 180 pesos c/u	$180q$
Venta de $d$ mesas a 360 pesos c/u	$- 360d$
Devolución de $q-d$ mesas a 100 pesos. c/u	$- 100(q-d)$
<b>Costo total</b>	<b><math>80q - 260d</math></b>

**Tabla 3**

	<b>COSTO</b>
Compra de $q$ mesas a 180 pesos c/u	$180q$
Venta de $q$ mesas a 360 pesos c/u	$- 360q$
<b>Costo Total</b>	<b><math>-180q</math></b>

#### Observaciones

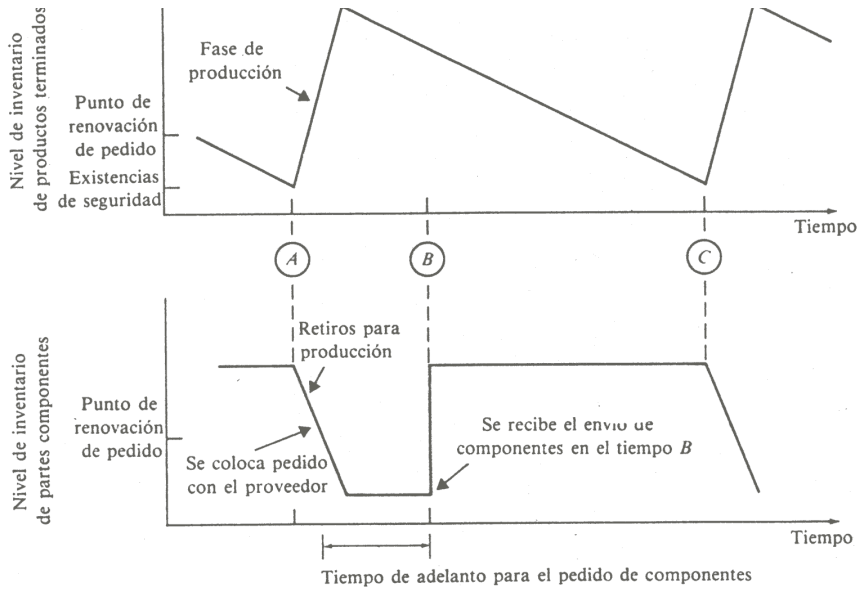
1. En términos el análisis marginal, la probabilidad de vender la 450a mesa que se pide es  $P\{D \geq 450\} = .50$ . Esto significa que la 450a mesa vendida tiene probabilidad  $1 - .50 = .50$  de no ser vendida. Así, la 450a mesa aumentará los costos esperados del distribuidor en  $.50\{-180\} + .50\{80\} = -50$  pesos. En consecuencia, se debe pedir la 450a mesa. Por otro lado, la probabilidad de vender

la 451a mesa es  $P\{D \geq 451\} = .20$  y la probabilidad de que no se venda es  $1 - .20 = .80$ . Por lo tanto, la 451 mesa aumentará los costos esperados en  $.20\{-180\} + .80\{80\} = 28$  pesos. Sí, la 451 mesa aumentará los costos esperados y no se debe pedir.

### **M. R. P.**

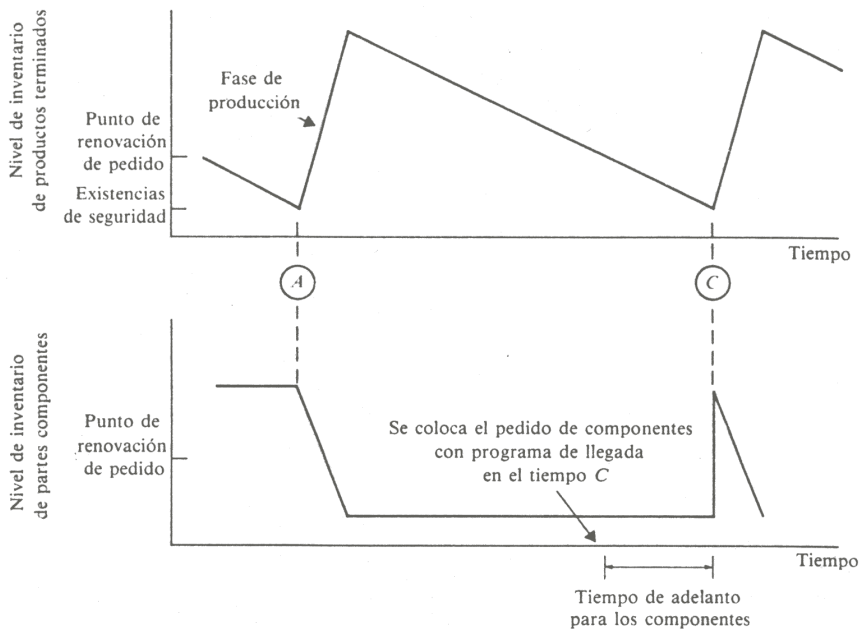
La planificación de la necesidad de materiales reconoce la relación entre la demanda del producto final y la de los componentes que se usan para fabricarlo. Esta técnica se auxilia prácticamente con certeza a partir del programa maestro de producción, en el que se indica la cantidad que hay que obtener de cada producto final así como las fechas de entrega de las mismas.

Se considera un artículo terminado que tiene un solo componente con objeto de ilustrar la demanda dependiente y el concepto de M.R.P. La demanda del producto terminado consta de muchas demandas independientes, de muchos clientes. Como tales demandas ocurren en forma un tanto aleatoria, con frecuencia la tasa de demanda es muy constante y las suposiciones del modelo del tamaño del lote de producción son razonables. El nivel de inventario para el artículo terminado se muestra en la siguiente figura. Se supone que el componente único se adquiere con un proveedor externo. Cuando se inicia la fabricación del producto terminado (el punto A del eje de tiempo) se extraen los componentes del inventario para satisfacer las necesidades de manufactura. En la parte inferior de la misma figura se muestra el nivel de inventario del componente. Cuando el nivel de inventario del componente queda por debajo de su punto de renovación de pedido se coloca con el proveedor un pedido de más unidades. El envío se recibe en el punto B y se resurte el inventario de componentes. Sin embargo, obsérvese que no se necesita otra vez el componente sino hasta la siguiente corrida de producción para fabricar el artículo terminado, lo cual se programa para que ocurra en el punto C. Resulta evidente que es innecesaria la inversión en el inventario del componente, de los puntos B a C. Puede eliminarse este inventario innecesario del componente "retrocediendo" desde el punto C, de acuerdo con el tiempo de adelanto



**FIGURA 1** Niveles de inventario de productos terminados y de partes componentes sin sistema de PRM.

El método que se sigue en la R.P.M. se basa en la consideración de ordenar el inventario de componentes de acuerdo con la demanda y las necesidades de producción de otros artículos. Cuando opera en forma apropiada, el sistema de R.P.M. reduce la inversión en los inventarios, mejora el flujo de trabajo, reduce el agotamiento de materiales y componentes, y ayuda a lograr programas de entrega más confiable.



**FIGURA 2** Niveles de inventario de productos terminados y de partes componentes con sistema de PRM.

## **SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA R.P.M.**

Lo que hace que sea difícil implantar el proceso R.P.M. es que muchos artículos terminados constan de docenas o cientos de partes, muchas de las cuales dependen a su vez, de otras. Por lo tanto, se deben tener datos precisos y un sistema confiable de información por computadora para realizar los abundantes cálculos que se requieren en la R.P.M.

Los cálculos de la planeación de requerimientos de materiales comienzan con un programa maestro de producción, en el que se establece el número de unidades que se fabricaran de cada producto terminado en cada periodo de tiempo. Con la información contenida en el programa maestro de producción puede comenzarse a determinar el momento en el que se deben tener disponibles los diversos componentes que conforman los productos finales. Así, el siguiente paso consiste en identificar la lista de componentes que se requieren para cada producto. Esta información está disponible en la memoria de materiales (M.D.M.).

La M.D.M. es una lista estructurada de partes; sin embargo, es diferente de una lista ordinaria de partes porque muestra la relación jerárquica entre el producto terminado y sus diversos componentes.

## **DISTRIBUCION DE PLANTA.**

Una buena distribución de planta es aquella que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permita la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

Los objetivos y principios básicos de una distribución de planta son:

1. Integración total.
2. Mínima distancia de recorrido
3. Utilización del espacio cúbico
4. Seguridad y bienestar para el trabajador
5. Flexibilidad

## **TIPOS DE PROCESOS y CARACTERISTICAS.**

Cualquiera que sea la manera en que se haga una distribución de planta, afecta el manejo de materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación del grupo y la moral de los empleados.

El tipo de distribución está determinado en gran medida por:

1. El tipo de producto
2. El tipo de proceso productivo
3. El volumen de producción

Por lo anterior se infiere que existen tres tipos básicos de distribución; por proceso; por producto y por proyecto o Componentes fijos.



Actualmente la distribución debe ser flexible esto es de fácil y económica adaptación a un cambio de producto, de proceso, incorporando las ventajas de las distribuciones por producto y por proceso, consiguiendo un alto nivel competitivo.

## METODOS DE DISTRIBUCION.

Distribución por proceso. Reduce al máximo el Costo de manejo de materiales, ajustando el tamaño, modificando la localización de los departamentos de acuerdo al volumen y cantidad de flujo de los productos

Distribución por Producto. Aprovecha al máximo la efectividad del trabajador agrupando el trabajo secuencial en módulos de trabajo que producen una alta utilización de mano de obra y del equipo Con mí tiempo ocioso.

Los métodos para realizar la distribución por proceso o funcional Son el diagrama de recorrido, el SLP, (systematic layout planin) y el método GRAFT. El método empleado para proponer distribuciones por producto es el de balanceo de líneas que consiste en alinear las actividades de trabajo secuencial en módulos de servicio para obtener la máxima utilización de mano de obra y equipo.

## METODO GRAFT

En la mayoría de los problemas de arreglo de planta, en especial loS que se refiere a arreglos por proceso el número de alternativas para la distribución de loS departamentos es Sumamente grande. Por lo general se prueban unos cuantos arreglos alternativos Con diagramas de flujo, plantillas o modelos anteriormente elegidos.

Para evaluar la mayoría de arreglos posibles es conveniente una computadora. Un grupo de investigadores ha desarrollado lo que ellos denomina" GRAFT" para manejar el análisis del arreglo Técnica por computadora para la distribución Relativa de las instalaciones), es una técnica que en menos de un minuto de tiempo de computadora hará lo siguiente:

1. Determina la mejor ubicación de los departamentos de una planta.
2. Analiza las alternativas de una distribución
3. Ayuda a los gerentes para determinar si los edificios deben estar en complejos grandes, integrados, de varios edificios y que actividades deben alojarse en tales edificios.
4. Analiza si las funciones como mantenimiento, embarque, recibo, almacenamiento de materias primas y otras funciones deben ser centralizadas o descentralizadas.

La técnica por computadora para la distribución relativa de las instalaciones es similar a los enfoques de programación lineal, pero no necesariamente conduce a una solución óptima Como entrada para este método requiere información sobre:

1. Flujo interdepartamental
2. Costo de manejo de materiales
3. Diagrama de arreglo actual

Esta información se analiza probando varios cambios en las alternativas de arreglo, la computadora busca la alternativa que minimice los costos, en la salida del programa nos incluye: costo de manejo de materiales, diagramas de bloque, que pueden usarse para desarrollar arreglos detallados.

## CARACTERISTICAS DE PROCESO

### CAPITAL

Inversión	Alta	Media	Baja	Inventario	Bajo	Alta
Medio	Equipo (propósitos) Especiales		Generales	Generales		

### OBJETIVO

Flexibilidad	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	Alto
Calidad	Constante	Variable	Variable
Servicio	Alto	Medio	Bajo

### CONTROL Y PLANEACION

De producción	Fácil	Difícil	Difícil
De calidad	Fácil	Difícil	Difícil
De Inventarios	Fácil	Difícil	Difícil

## SISTEMAS CONTINUOS

Los elementos que se procesan se desplazan siguiendo una secuencia de operaciones a una velocidad tal que hace pensar en un movimiento continuo, es de ahí de donde proviene el nombre movimiento continuo.

La decisión administrativa de organizar el trabajo sobre la base de producto o de líneas es una decisión significativa por lo que deben cumplirse los siguientes requisitos:

1. Volumen adecuado para logra una utilización razonable del equipo
2. La demanda del producto deberá ser razonablemente estable
3. Estandarización del producto
4. Ínter cambiabilidad de las partes
5. Suministro ininterrumpido de materiales

Los conceptos de flujo continuo tienen su mejor campo de aplicación en el ensamble mas que en la fabricación.

Al cumplirse las condiciones nos trae como consecuencia las siguientes ventajas:

1. El ciclo de producción se acelera debido a que el movimiento de los materiales se aproxima al movimiento continuo
2. Como se requiere muy poco trabajo manual, se tiene un costo bajo de manejo de materiales
3. El inventario de material en proceso es mas bajo en comparación con el procesado en lotes, a causa de la relativa velocidad del ciclo de manufactura
4. En los sistemas continuos se simplifica en gran medida el control de flujo de trabajo (control de la producción).

Una vez tomada la decisión para diseñar conforme al concepto del sistema de flujo continuo los problemas mas importantes consisten en decir que régimen de producción ha de tener para un determinado ciclo de tiempo y subdividir el trabajo de manera tal que se logre un flujo uniforme, las actividades subdivididas tienen que balancearse de manera que cada operación tenga una capacidad equivalente.

## PROBLEMA DE BALANCEO DE UNA LINEA

Balancear significa igualar la capacidad o la producción de cada una de las operaciones sucesivas que intervienen en la secuencia de una línea.

Si todas las operaciones sucesivas de una línea son iguales se tienen un balanceo perfecto y debe esperarse un flujo uniforme, si son desiguales se sabe que la producción máxima posible de la línea tomada como un conjunto, la determinara la operación mas lenta de la secuencia.

Para lograr el balanceo ala máxima capacidad se necesita conocer los tiempos de ejecución de las unidades enteras más pequeñas, así como la flexibilidad que se tiene en la secuencia de estas tareas o actividades.

## MODELOS DETERMINÍSTICOS DEL BALANCEO DE LIENAS

La metodología básica del sistema COMSAL (COMPUTER METHOD OF SEQUENCING OPERATIO SN FOR ASSEMBLI LINES) -METODO DE COMPUTADORA PARA LA DETERMINACION DE SECUENCIAS DE OPERACIONES PARA LINEAS DE ENSAMBLE)

Diseñada por A. L. Arcus, se basa en la obtención de un número relativamente grande de soluciones factibles para el problema de balanceo de líneas por - muestreo parcial. El muestreo abarca todas las soluciones factibles para el problema en particular y existe una probabilidad finita de que se obtengan soluciones óptimas, el tamaño de la muestra rige la probabilidad de obtener soluciones.

Excelente y la viabilidad económica de la técnica esta en el proceso de obtener rápidamente soluciones factibles y en desviar la fuente de estas soluciones hacia las mejores.

La técnica MALB ( MODEL FOR ASSEMBLY LINE BLANCING MODELO PARA EL BALANCEO DE LINEAS DE ENSAMBLE ), consiste en determinar pesos para cada tarea, basándose en la suma del tiempo que requiere la ejecución de cada tarea y todas las del diagrama de precedencia, luego las tareas se anotan en una lista en orden decreciente de los pesos, junto con las tareas de precedencia inmediata correspondientes, en seguida las tareas de mayor peso se asignan a la estación 1 tomando en consideración las restricciones de precedencia, cuando la estación 1 tiene las asignaciones que llenan el tiempo de ciclo se asa a realizar las asignaciones a la estación 2 en igual forma así sucesivamente. Se pueden hacer iteraciones sucesivas para determinar el tiempo

de ciclo mínimo para un número dado de estaciones, mediante esta solución se obtiene la distribución mas uniforme del trabajo entre estaciones.

### EFFECTOS ESTOASTICO EN EL BALANCEO DE LINEAS

La formulación determinística del balanceo de líneas utiliza el criterio de minimizar el número de estaciones de trabajo Para un tiempo de ciclo dado o bien minimizar el tiempo de ciclo para un número dado de estaciones de trabajo, estas formulaciones son equivalentes en cuanto a que ambas tienen una finalidad: minimizar el atraso de balanceo o tiempo ocioso, Moodie, Young, Reeve y Thomas han expresado sus. Dudas respecto a la propiedad del criterio del tiempo ocioso, sugieren que la preocupación debería ser no rebasar el tiempo de ciclo, y por lo tanto disminuir la posibilidad de producir una unidad defectuosa o incompleta.

Reeve y Thomas diseñaron procedimientos estocásticos para el balanceo de líneas, suponen que cada vez que un trabajador rebasa el tiempo de ciclo, la línea se para y se producirá una parte defectuosa, por tanto, su objetivo es encontrar el punto de balance que dé como resultado la mínima probabilidad de rebasar el tiempo de ciclo, por tanto estos investigadores, redefinen el balanceo de líneas: Dada una condición inicial de balanceo, un tiempo de ciclo, tiempo s de elementos de trabajo normalmente distribuidos con medias y variancias también dadas y un diagrama de precedencias, debe emprenderse el reordenamiento de los elementos de trabajo con el fin de minimizar la probabilidad de que una a mas estaciones rebasen el tiempo de ciclo.

### LA FUNCION DE OPERACIONES

Dentro del proceso de producción de bienes y servicios, se encuentra un conjunto de personas responsables para que dicho proceso se realice en forma eficiente como; el gerente de planta, gerente de producción, supervisores y cada uno de ellos es un administrador de operaciones,

Los administradores de operaciones son los responsables de la producción de bienes y servicios en las organizaciones; toman decisiones en lo que respecta a las funciones operativas ya los sistemas de transformación empleados.

La Administración de Operaciones estudia el proceso de la toma de decisiones dentro del ámbito de la función operativa.

En general el término genérico "operaciones" se usa para referirse a la función que se encarga de producir bienes y servicios dentro de cualquier organización. Al dar a la administración de operaciones un tratamiento como función organizacional se le otorga un status similar al que tienen otras funciones de la empresa, como la de mercadotecnia o de finanzas.

Las áreas funcionales se ocupan de desarrollar un enfoque particular sobre la responsabilidad o toma de decisiones.

Las áreas de metodología desarrollan métodos o técnicas que se pueden aplicar a problemas dentro de cualquiera de las áreas funcionales. Por ejemplo; el área de métodos cuantitativos trata el uso de modelos matemáticos para dar apoyo a las decisiones; el área de sistemas trata el estudio de las organizaciones como sistemas; y el área de comportamiento organizacional trata el estudio de la conducta humana dentro de las organizaciones.

Las áreas industriales se ocupan del estudio de un sector industrial en particular tal como el bancario, el de seguros, el de transportes y el de manufactura. Las áreas industriales pueden obtener ideas tanto de las áreas metodológicas como de las áreas funcionales.

Por último existen dos áreas de integración; el área de estudios sociales y empresariales la cual se encarga de las relaciones entre la empresa y su medio social, económico y gubernamental. El

campo de la estrategia corporativa se ocupa de la alta administración, de la integración de las áreas - funcionales dentro de la empresa y de la formulación e implantación de estrategias. -

Para poder llevar a cabo el proceso administrativo debemos tomar en cuenta sus etapas y las actividades que se realizan en cada una de ellas.

El proceso administrativo está compuesto de cuatro etapas Planeación, Organización, Dirección y Control, a continuación - desglosamos las actividades de cada etapa.

## **PLANEACION**

- Pronósticos y previsiones
- Determinación de objetivos
- Programas
- Cronología de los programas
- Presupuestos
- Procedimientos
- Formulación de políticas

## **ORGANIZACION**

- Estructura de la organización
- Delegación
- Determinación de relaciones

## **DIRECCION**

- Formulación de decisiones
- Comunicaciones
- Motivación
- Selección de personal
- Adiestramiento

## **CONTROL**

- Establecimiento de normas de actuación
- Medida de la actuación
- Valoración de la actuación
- Formulación de normas para corregir la actuación

## **EL PAPEL DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA FUNCION DE OPERACIONES.**

Para entender la relación entre la ingeniería industrial y la función de operaciones, empezaremos definiendo cada una de ellas.

-Ingeniería es la profesión en la cuál se aplica juiciosamente te al conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenido mediante el estudio, la experiencia y la practica con el fin de determinar las maneras de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en bien de la humanidad.

-Ingeniería Industrial es la que se ocupa del diseño, mejoramiento e implantación de sistemas integrados por personas, materiales, equipo y energía. Se vale de los conocimientos y Posibilidades especiales de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos del análisis Y diseño de la ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas.

- El Ingeniero Industrial se ocupa del diseño de un sistema y su función es fundamentalmente administrativa, la idea primordial es la reducción de costos y uso más eficiente de los recursos, sean estos; humanos, materiales, físicos o financieros.

Por lo tanto, los ingenieros industriales aceptan como misión fundamental el mejoramiento de la productividad, el cual definido con amplitud, implica una utilización más eficiente de los recursos, menos desperdicios por unidad de insumo, niveles más altos de la producción con niveles fijos de insumos, etc.

Antes de la década de los cincuentas, los ingenieros industriales se ocupaban primordialmente de las interacciones humanas en el diseño de fábricas, instalaciones de construcción, Métodos de costos y controles de calidad, control de la producción procesamiento un manejo de materiales y operaciones de fabricación asociadas para producir bienes o servicios. Los procedimientos de diseño eran de carácter cualitativo mas que cuantitativo y se confiaba mucho en la evidencia empírica para determinar lo que servirá para logran un cierto resultado.

La década de los cincuentas presencié una total reorientación del campo de la ingeniería industrial. A medida que se dispuso de nuevas técnicas matemáticas y estadísticas, el punto de interés se desplazo de los métodos cualitativos hacia una mayor confianza énfasis e investigación de métodos más cuantitativos para resolver los problemas.

Hoy en día, el ingeniero industrial moderno ya no esta confiado únicamente a las industrias de manufactura, puesto que la ingeniería industrial moderna está basada en una ciencia de las operaciones, el ingeniero hallara la aplicación natural de sus conocimientos donde quiera que las operaciones requieran sistemas formados por personas, máquinas y proceso de algún tipo.

#### PRODUCTIVIDAD A NIVEL NACIONAL

Debido a la inestabilidad económica en nuestros días no podemos hablar de un crecimiento importante en ninguna de las áreas productivas de nuestro país, esto por la gran incertidumbre que se ha desatado en los últimos años del sexenio de Salinas de Gortari, puesto que los inversionistas extranjeros

Retiraron su capital disminuyendo así la creación de empleos, por otra parte la devaluación hizo a la gran mayoría de las empresas que tenían deudas a largo plazo se dieran a la banca rota.

Por otro lado tenemos que un beneficio que proviene de la productividad es el de mitigar los efectos de la inflación, por ejemplo si la productividad crece un 2% y los salarios aumenta un 8%, entonces el 6% del aumento salarial es inflacionario y solo el 2% es real.

El crecimiento de la productividad que compensa los aumentos salariales es puramente inflacionario.

Desde el punto de vista de la administración, el crecimiento de la productividad es una forma de aumentar las utilidades en algunos casos el aumento de la productividad puede ser un mejor recurso para aumentar las utilidades que incrementar las ventas. Supóngase que una compañía tiene ventas de \$ 100, \$ 70 en costos variables, \$ 20 en costos fijos una utilidad de \$ 10, si las ventas se incrementan hoy en un 10%, las utilidades aumentarán en un 30 %. Por otra parte si los costos variables disminuyen en un 10% debido a las mejoras de productividad, las utilidades aumentarán en un 70%.

Por último desde el punto de vista del trabajador, el mejoramiento de la productividad puede conducir aun incremento de salarios, sin embargo la relación entre los sueldos y la productividad puede parecer muy tenue a los trabajadores, quienes por esto pueden restringir la producción. Para esto hay que hablar con ellos y darles ventajas sobre el aumento de la productividad y el efecto directo que obtendrían.

## MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD

Como la productividad es una medida del volumen de producción en relación con los insumos, no se debe permitir que los cambios en los precios de los productos o de los insumos afecten la razón de la productividad, sin embargo estas fórmulas se refieren a la productividad de la fuerza de trabajo, por lo que utilizarlas para evaluar el comportamiento general de una empresa sería falso y llevaría a una serie de riesgos, esto es por lo siguiente:

- a) no incluye los aspectos de calidad, oportunidad de entrega de los pedidos y el servicio a clientes
- b) en base a estas mediciones lo primero que muchos empresarios hacen para mejorar la productividad es deshacerse de los trabajadores
- c) se trata de una medición a posteriori y en esto radica su eficiencia central, la productividad no debe reflejar una cuantificación de resultados sino la forma de hacer las cosas en el interior.

La ganancia para el empresario solo puede realizarse en el mercado es decir en el momento en que la mercancía producida es vendida, siendo de esta manera necesario distinguir los parámetros dentro de las expectativas del cliente; precio; calidad; variedad y oportunidad de servicio.

En la practica, la productividad se presenta como un proceso inagotable de perfeccionamiento compuesto por un encadenamiento de acciones ordenadas de mejora en todos lo procesos que tienen lugar en toda la empresa.

Los impactos positivos de la productividad se pueden medir a través de cuatro variables básicas; eficiencia, efectividad productividad estrecha y calidad.

Existen tres principios que deben seguirse al implementar la productividad en los niveles más bajos de la empresa. Primero se debe solicitar a los gerentes de departamento que elijan sus propias medidas, tal vez con la ayuda del personal de apoyo. Segundo todas las mediciones de la productividad deben vincularse en forma jerárquica. Tercero las razones de productividad deben incorporar todas las responsabilidades laborales en el mayor grado posible.

## **ANALISIS BASICO DE SERIE DE TIEMPO Y TECNICAS DE PROYECCION PARA LA ELABORACION DE PRONOSTICOS.**

Empezaremos por dar los conceptos de pronosticar y predecir, para comprender el punto principal en que se apoyan las técnicas que posteriormente trataremos.

### **PRONOSTICAR:**

Es un proceso que permite estimar un evento futuro analizando para ello datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para obtener el estimativo del futuro.

### **PRONOSTICAR:**

Conocer algunos indicios del futuro, mediante el análisis de hechos anteriores y tomándolos como base modificar los eventos futuros.

### **PREDECIR:**

Proceso que permite estimar un evento futuro, tomando en cuenta datos pasados y consideraciones subjetivas; las cuales no necesitan combinar en forma predeterminada.

### **TECNICA: PROMEDIO MOVIL DEFINICION:**

Cada punto de un promedio móvil de una serie de tiempo es el promedio aritmético o ponderado de un número de puntos, se elige de manera que se eliminen los efectos estacionales de irregularidad o los dos.

### **PRECISION:**

Corto plazo (0 a 3 meses)                      Aceptable a muy Buena

Mediano plazo (3 meses a 2 años)        Pobre a Buena

Largo plazo (mas de 2 años)            Muy pobre

### **IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO:**

Pobre

### **APLICACION TIPICA:**

Control de inventarios con volumen bajo de ítems.

### **INFORMACION REQUERIDA:**

Un mínimo de 2 años de historia de ventas si hay factores estacionales. De manera contraria se necesitan menos datos.



COSTO DE ELABORACION CON UN COMPUTADOR: \$ 0.05

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: Si

TIEMPO REQUERIDO: 1 día.

### **TECNICA: SUAVIZACION EXPONENCIAL**

#### DEFINICION:

Similar al promedio móvil excepto en que los datos más recientes tienen mayor peso, se utilizan los pronósticos pasados para realizar los nuevos corrigiendo errores, se calculan efectos estacionales.

#### PRECISION:

Corto plazo (0 a 3 meses)                      Aceptable a muy Buena

Mediano plazo (3 meses a 2 años)        Pobre a Buena

Largo plazo (mas de 2 años)              Muy pobre

#### IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO:

Pobre

#### APLICACION TIPICA:

Control de producción de inventarios, pronósticos de márgenes y otra información financiera.

#### INFORMACION REQUERIDA:

Un mínimo de 2 años de historia de ventas si hay factores estacionales. De manera contraria se necesitan menos datos.

COSTO DE ELABORACION CON UN COMPUTADOR: \$ 0.05

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: Si

TIEMPO REQUERIDO: 1 día.

**TECNICA: PROYECCIONES DE TENDENCIA.**

**DEFINICION:**

Acomoda una línea de tendencia a una ecuación matemática y luego la proyecta hacia el futuro por medio de esa ecuación. - Existen múltiples variaciones; El método de la pendiente característica, poli nominales, logarítmicas, etc.

**PRECISION:**

Corto plazo (0 a 3 meses)                      Muy buena

Mediano plazo (3 meses a dos años)                      Buena

Largo plazo (Mas de dos años)                      Buena

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Pobre

**APLICACION TIPICA:**

Pronósticos de nuevos productos (especialmente a mediano y Largo plazo.

**INFORMACION REQUERIDA:**

Varía con la técnica empleada, sin embargo, una buena regla general es un mínimo de 5 años de datos anuales para empezar. De allí en adelante se requiere la historia completa.

COSTO DE LA ELABORACION CON UN COMPUTADOR: Varía de acuerdo con la aplicación

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: si

TIEMPO REQUERIDO PARA DESARROLLAR Y APLICAR: Un día

## **TECNICAS BASICAS CASUALES PARA LA ELABORACION DE PRONOSTICOS.**

### **TECNICA: MODELO DE REGRESION**

#### **DEFINICION:**

Relaciona funcionalmente ventas con otras variables económicas competitivas o internas y estima una ecuación usando la técnica de los mínimos cuadrados. Las relaciones son analizadas principalmente de manera estadística aunque podría seleccionarse cualquier relación para verificación en el terreno nacional.

#### **PRECISION:**

Corto plazo \_\_\_\_\_

Mediano plazo Buena a muy buena

Largo plazo Buena

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Muy buena

#### **APLICACION TIPICA:**

Pronósticos de ventas por clase de productos, pronósticos de Márgenes.

#### **INFORMACION REQUERIDA:**

Varios años de Historia por cuatrimestres para obtener relaciones buenas y con sentido. Matemáticamente es necesario tener más observaciones que variables independientes.

COSTO DE LA ELABORACION CON UN COMPUTADOR: \$ 100

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: si

### **TECNICA: MODELO INSUMO PRODUCTO.**

## DEFINICION:

Es un método de análisis que se interesa por el flujo interindustrializado interdepartamental de bienes o servicios en la economía o una empresa y sus mercados. Muestra el flujo de insumos que debe presentarse para obtener los productos. Debe invertirse un esfuerzo considerable para usar estos modelos adecuadamente; deben obtenerse detalles adicionales, no disponibles normalmente para usarlos en negocios específicos. Las comparaciones que emplean estos modelos han ocupado más de un año para desarrollar aplicaciones útiles.

### PRECISION:

Corto plazo (0 a 3 meses) no es aplicable Mediano plazo (3 meses a 2 años) de buena a muy buena Largo plazo (más de dos años) de excelente a buena

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Aceptable

### INFORMACION REQUERIDA:

Historia de 10 a 15 años, es deseable contar con volúmenes considerables de información sobre los flujos de productos y servicios dentro de una corporación para cada año de análisis de insumo producto.

COSTO DE LA ELABORACION DE USO CON UN COMPUTADOR \$ 50 +

Es posible ejecutar los cálculos sin computador. No

TIEMPO REQUERIDO PARA DESARROLLAR y APLICAR

6 meses o más

TECNICA: ECONOMICO DE INSUMO PRODUCTO.

## DEFINICION:

Combinado en ocasiones, con modelos econométricos para elaborar pronósticos. El modelo de insumo producto se emplea para proveer el modelo econométrico de tendencias a largo plazo, también estabiliza al modelo econométrico.

### PRECISION:

Corto plazo (0 a 3 meses)

No es aplicable

Mediano plazo (3 meses a dos años)

Buena a muy buena

Largo plazo (más de dos años)

Muy pobre

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Buena

### APLICACION TIPICA:

Pronósticos de ventas de la empresa para sectores y subsectores industriales.

### INFORMACION REQUERIDA:

Un mínimo de 3 años de historia para empezar. De allí en adelante se requiere historia completa.

COSTO DE LA ELABORACION CON UN COMPUTADOR:

\$ 100

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: No

TIEMPO REQUERIDO PARA DESARROLLAR y APLICAR:

6 meses +

TECNICA: INDICADOR LIDER

## DEFINICION:

Serie de tiempo de una actividad económica cuyo movimiento en una dirección dada precede al movimiento de otra serie de tiempo en la misma dirección

### PRECISION:

Corto plazo (0 a tres meses)

Pobre a buena

Mediano plazo (3 meses a 2 años)      Pobre a buena  
Largo plazo (más de dos años)      Muy pobre

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Buena

APLICACION TIPICA:

Pronósticos de ventas por clase de producto

INFORMACION REQUERIDA:

Datos de varios años para relacionar los índices o las ventas de la empresa

COSTO DE ELABORACION POR COMPUTADOR \$ 1

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: Si

TEIMPO REQUERIDO PARA DESARROLLAR y APLICAR

1 mes o más

TECNICA: ANALISIS DE CICLOS DE VIDA

DEFINIICION:

Es el análisis de las tasas de crecimiento de un producto nuevo, basándose para ello en las curvas Las "S", las fases de aceptación del producto por varios grupos tales como innovadores, adaptadores, madrugadores, mayorías madrugadoras, mayoría tardía y rezagados son todos centrales en el análisis.

PRECISIÓN:

Corto plazo (0 a 3 meses)      Pobre

Mediano plazo (3 meses a 2 años)      Pobre a buena

Largo plazo (más de 2 años)      Pobre a buena

IDENTIFICACION DEL PUNTO DECISIVO: Pobre a buena

APLICACION TIPICA:

Pronósticos de ventas de nuevos productos

INFORMACION REQUERRIDA:

Como mínimo las ventas anuales del producto que esta siendo considerado o de uno similar. Es necesario a menudo hacer encuestas de mercado.

COSTO DE LA ELABORACION DE UN COMPUTADOR: \$ 1.5

ES POSIBLE EJECUTAR LOS CALCULOS SIN COMPUTADOR: si

TIEMPO REQUERIDO PARA DESARROLLAR y APLICAR:

1 mes +

EL CONCEPTO DE DISEÑO DE PRODUCCION Y DISEÑO DE SERVICIOS

En las industrias sujetas a cambios rápidos, la introducción de nuevos productos representa una forma de vida, a tal grado que hoy en día se han desarrollado enfoques altamente sofisticados para darle un tratamiento adecuado a este problema.

La función de operaciones es el punto de recepción de la producción de nuevos productos. Al mismo tiempo, las operaciones y la tecnología de la empresa constituyen una limitación para el desarrollo de los nuevos productos. Mediante una adecuada cooperación entre las funciones de mercadotecnia y operaciones; se pueden integrar las estrategias de producto y mercado con las decisiones referentes a proceso. Capacidad, inventario, fuerza de trabajo y calidad; el diseño del producto y el, pronóstico del volumen de producción constituyen un prerrequisito para el funcionamiento del área de producción, el resultado de 1a decisión Sobre diseño del producto debe transmitirse al área de producción, el resultado de operaciones en forma de especificaciones de producto. Estas plantean las características que se desean en el producto y permiten que el departamento de producción pueda proceder en el desempeño de sus funciones.

## ESTRATEGIAS PARA LA INTRODUCCION DE NUEVOS PRODUCTOS

### ENFOQUE DE MERCADO:

Debe producirse lo que se pueda vender. En este caso, es el mercado quien determina los nuevos productos y se da poca importancia a la tecnología existente ya los procesos operativos. Las necesidades de los clientes constituyen la base principal para la introducción de los nuevos productos.

### ENFOQUE TECNOLÓGICO:

Debe venderse lo que puede producir. De acuerdo con este principio, los nuevos productos deben determinarse a partir de la tecnología de la producción, presentando poca atención al mercado. En este caso la fusión del departamento de mercadotecnia consiste en crear un mercado y vender los productos que se elaboran. Este criterio implica un uso vigoroso de la tecnología a la vez que simplifica los cambios operativos; mediante una política agresiva de operaciones y de investigación y desarrollo, se obtienen productos superiores que tienen una ventaja natural en el mercado.

### ENFOQUE INTERFUNCIONAL:

En esta perspectiva, la introducción de nuevos productos es de naturaleza interfuncional y requiere una buena cooperación entre las funciones de mercadotecnia, operaciones, ingeniería. El proceso desarrollo de nuevos productos no recibe un enfoque ni de mercado ni tecnológico, sino queda determinado por un esfuerzo coordinado entre distintas funciones organizacionales; el resultado final deben ser nuevos productos que satisfagan las necesidades de mercado y que sean compatibles con las operaciones existentes. Al aplicar este principio el diseño un nuevo producto queda ubicado en algún punto entre producir que se puede vender y vender; lo que se puede producir. En síntesis, la introducción nueva: productos se contempla como un flujo continuo de posibilidades.

## EL PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.

### GENERACION DE IDEA:

Las ideas pueden generarse a partir del mercado o de la Tecnología existente, las ideas de mercado se derivan de las necesidades de los clientes. Por otra parte, las ideas pueden surgir de la tecnología disponible. Cuando DuPont invento el nylon, se hizo posible la producción de una amplia gama de nuevos productos. De esta forma la tecnología puede constituir una rica fuente de ideas para el desarrollo de nuevos productos.

### SELECCIÓN DEL PRODUCTO:

No todas las ideas nuevas deben dar lugar a la creación de un nuevo producto, las ideas sobre nuevos productos deben satisfacer por lo menos 3 condiciones:

- 1) Potencial de mercado
- 2) Factibilidad
- 3) Compatibilidad con las operaciones.

El objetivo de la fase de selección del producto es eliminar las ideas menos convenientes y no llegar a una decisión de carácter conclusivo en cuanto a si debe o no producir el mismo. Después de este desarrollo inicial, se puede llevar a cabo un análisis más profundo mediante pruebas de mercado y operaciones piloto, antes de tomar la decisión de introducir el nuevo producto; por estas razones el análisis de selección del producto puede ser de naturaleza subjetiva y basada en información ilimitada.

#### DISEÑO PRELIMINAR DEL PRODUCTO:

Esta etapa del proceso de diseño de nuevos productos se encarga de desarrollar el mejor diseño posible, en caso de que el diseño preliminar sea aprobado, pueden construirse uno o varios prototipos que permita asimilar las pruebas y el análisis. Este diseño suele considerarse un gran número de trueques entre los costos, la calidad y el desempeño del producto. El resultado deberá ser el diseño de un producto competitivo en el mercado y factible de producirse con las operaciones existentes, el diseño preliminar debe especificar por completo el producto.

#### CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO:

La construcción del prototipo puede llevarse a cabo en muchas formas diferentes, antes que nada pueden hacerse en forma manual varios prototipos semejantes al proyecto final. En las industrias de servicios el prototipo puede fabricarse en un sólo local en que pueda probarse el nuevo servicio de manera real de ser necesario el servicio se modifica para que se adapte mejor a las necesidades del cliente, una vez que el prototipo se ha aprobado con éxito, el diseño final se completa y el servicio se desarrolla o se da a concesión para ofrecerlo en gran escala.

#### PRUEBAS:

Las pruebas de los prototipos tienen como finalidad verificar el desempeño técnico comercial de un producto, una forma de evaluar el desempeño comercial consiste en construir suficientes prototipos para realizar una prueba de mercado del nuevo producto. Las pruebas de mercado por lo general duran de seis meses a dos años y se limitan a una región geográfica pequeña el propósito de este tipo de pruebas es reunir datos cuantitativos acerca de la aceptación del producto por parte del cliente, los cambios de ingeniería que resultan de las pruebas realizadas a nivel prototipo se incorporan entonces como parte integrante del diseño final.

#### DISEÑO FINAL:

Durante la fase de diseño final se desarrollan planos y especificaciones del nuevo producto, como resultado de las pruebas realizadas con los prototipos, se pueden incorporar ciertos cambios en el diseño final; si ocurre algún cambio pueden llegar a realizarse más pruebas sobre el producto con el objeto de asegurar el buen funcionamiento del producto final.

Después la atención se dirigirá a completar las especificaciones de diseño para que el departamento de producción pueda actuar; en el caso de los servicios la fase de diseño final, consiste en refinar los estándares y procedimientos preescritos

## DISTRIBUCION y LOCALIZACION DE PLANTA. .

El sistema utilizado en la evaluación de tareas también puede ser usado en el estudio prospectivo de comparación de localización de fábricas.

Probablemente uno de los sistemas más aplicados en los estudios de localización de planta es el de valoración de puntos; aplicando este plan a la evaluación de localización encontramos tres etapas:

- 1) Asignación de los valores máximos
- 2) Establecimiento de los niveles de los factores para las diversas localizaciones
- 3) Tabulación de resultados

Supongamos que Black Manufacturing ha reducido su búsqueda a 3 lugares de diferentes comunidades (A, B, C).

Se ha recabado información sobre cada lugar y tenemos que:

- No hay ventaja invencible de un lugar sobre los otros dos
- Ningún lugar tiene una desventaja para quedar fuera
- Los tres lugares presentan inconvenientes.

Haremos la valoración por puntos, tomando en cuenta los factores económicos anuales:  
Calificación del factor cualitativo.

FACTOR	LUGAR A	LUGAR B	LUGAR C
Transporte	100,000	80,000	90,000
Mano de Obra	600,000	670,000	620,000
Servicios	55,000	42,000	40,000
Impuestos (estatales y Locales)	15,000	12,000	12,000
Otros	20,000	20,000	18,000
<b>T O T A L</b>	<b>790,000</b>	<b>824,000</b>	<b>780,000</b>

Al tomar en cuenta los factores económicos podemos dar un juicio preciso sobre el lugar que mas nos conviene, pero debemos tomar en cuenta que aunque la ventaja del lugar B sobre A y C es considerable; tendremos que considerar el tiempo que estos costos sean vigentes ya que pueden variar en un lapso de tiempo muy corto.

El método anterior de calificación del factor cualitativo ó método de puntos, tiene como principal característica la valoración de las ventajas y desventajas de las opciones que tenemos para nuestro proyecto y hay que realizar un estudio a con ciencia de todos los factores que influyen en



él para que se pueda tomar una buena decisión, por lo tanto debemos de realizar los siguientes pasos:

## VALORES MAXIMOS DE LOS FACTORES.

Primeramente debemos asignar un valor máximo a cada factor.

Debemos asignar un total de puntos por ejemplo 1000 y estos dividirlos para cada uno de los factores si son 10 entonces debemos responder la pregunta ¿Que importancia tiene el cada factor dentro del problema global?

### 1. Proximidad a los mercados.

Aquí tomamos en cuenta la cercanía con nuestros clientes para dar un servicio más rápido.

### 2. Proximidad y seguridad de materias primas.

Nuestros proveedores, debemos de considerar el tiempo en que nos surtirían y el estado físico de nuestro material al llegar a nuestra planta

### 3. Mano de obra

Si se cuenta con personal cerca de la planta al que podamos contratar, si nuestro personal tiene acceso a la planta (medios de transporte), o si nuestro personal puede cambiar de residencia.

### 4. Energía

Se cuenta en el lugar la infraestructura para la energía esto es si existe cableado por parte del gobierno.

### 5. Actitud de la comunidad

Si no se afectan los intereses de la comunidad

### 6. Sistema educativo

Para que nuestro personal se supere debe contar con escuelas cerca del lugar de trabajo tanto para ellos como para sus familias, esto es en el caso de que tengan que cambiar de residencia

7. Prevención y protección de los factores naturales Analizaremos que desastres naturales hay en la zona y su frecuencia.

### 8. Clima.

Que tanto nos afecta para el desempeño de los trabajadores así mismo que tipo de instalaciones debemos realizar.

### 9. viviendas

En caso de que nuestro personal tenga que cambiar de residencia estudiaremos la factibilidad de que encuentre una vivienda con todos los servicios y acorde a su sueldo.

### 10. Transporte del personal

En caso de que no se cuente con una infraestructura ni medios para que nuestro personal se traslade a la planta tomar en cuenta la posibilidad de nosotros tener un medio para ellos en donde en puntos estratégicos se pararía para recoger al personal.

En la siguiente tabla asignamos valores a los factores anteriores:

<b>FACTOR</b>	<b>PUNTOS</b>
1. Proximidad al mercado	160
2. Mano de obra	160
3. Proximidad y seguridad de Materia Prima	110
4. Energía	100
5. Actitud de la comunidad	120
6. Sistema educativo	100
7. Prevención y protección de los factores Naturales	60
8. Clima	90
9. Vivienda	60
10. Transporte de personal	40
<b>TOTAL</b>	<b>1,000</b>

---

#### VALORACION DEL FACTOR

Esta es la segunda etapa en la cual daremos los mismos factores a los lugares asignándoles una puntuación mínima de cero y como máxima la que tenemos en la tabla anterior.

Suponemos que la etapa final en la preparación de nuestro sistema de valoración por puntos resulta de la forma siguiente.

## RESULTADOS FINALES DE LA VALORACION POR PUNTOS

FACTOR	LUGAR A	LUGAR B	LUGAR C
1	80	40	160
2	120	160	40
3	22	66	88
4	60	40	80
5	100	120	20
6	40	0	100
7	40	60	40
8	90	30	0
9	60	20	40
10	10	0	40

---

**TOTALES                    622            536            608**

Los resultados anteriores se obtuvieron de la siguiente manera  
(PARA CADA LUGAR y PARA CADA FACTOR)

FACTOR 2 MANO DE OBRA: LUGAR B

CONDICION	PUNTOS
-Sindicato poderoso y militante, huelgas constantes	0
-Uniones ofensivas	40
-Falta de actividad unida	80
-Sin problemas laborales.	20
-Excelente historial de mano de obra local	20
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>

## EL MODELO DE TRANSPORTE APLICADO A LA DISTRIBUCION

Una de las tareas importantes del Ingeniero Industrial es el estudio de la localización de una planta, Identificando todos los aspectos que están íntimamente relacionados con los beneficios y costo de este planteamiento.

Por lo anterior consideramos algunos factores que deben ser analizados cuando se estudie la localización de una nueva fábrica.

### MATERIAS PRIMAS, MERCADOS y DISTRIBUCION.

Debe tomarse muy en cuenta el costo de las materias primas el

costo de movimiento del producto acabado al almacén de este hacia loS clientes, ambos Costos están en función a la distancia a ser transportados pero debemos considerar más que la distancia el dinero que nos acarrearía, Este movimiento, considerando también si nuestros proveedores no están cerca de nosotros que confiabilidad tenemos de ellos para que nos cumplan en el tiempo establecido y de esta manera nosotros cumplir con nuestros clientes tomando muy en cuenta el cuan- tO nos sale trasladar nuestros productos.

### METODO DE PROGRAMACION LINEAL.

La cuestión de la localización ideal basada en loS costos de transporte puede ser tratada matemáticamente si está suficientemente simplificada, para demostrar la utilidad de este procedimiento suponemos que la empresa BLANK MANUFACTURING - COMPANY ha tenido mucho éxito que ahora tiene dos fábricas, las cuales están localizadas una cerca de Filadelfia y otra en Chicago, sus 4 mercados están cerca de Kansas City: Detroit; Pittsburg y Nueva York, hay una localización propuesta para una tercera fábrica en S. Luis, por lo que queremos conocer el Costo de envío desde las tres fábricas a loS 4 mercados.

Para poder resolver tenemos que conocer el Costo de transporte de uno (motocicleta) en una milla este será de 0.01 dólar por milla más un Costo de 1 dólar por carga en la fábrica de una motocicleta y descarga en el mercado (estos datos son aproximados). También conocemos loS suministros posibles de cada fábrica y las demandas de cada mercado, el problema se simplifica haciendo que la suma de ofertas sea igual a la suma de demandas de loS mercados como lo muestra la tabla 5.2.1.

### OFERTA DE LAS FABRICAS Y DEMANDA DE LOS MERCADOS \* tabla 5.2.1.

<b>OFERTA</b>	<b>DEMANDA</b>
FILADELFIA 90	KANSAS 70
CHICAGO 160	DETROIT 90
S. LUIS 80	PITTSBURGH 60
	NUEVA YORK 330
<b>TOTAL 330</b>	<b>TOTAL 330</b>

De estos datos y de las distancias obtenidas podemos hacer una matriz (fig.5.2.2.) indicando las cantidades suministradas y demandadas en los bordes. Los números de los cuadros indican el costo de transporte de una fábrica a un mercado. Por ejemplo el costo de transporte de motocicleta desde Chicago a Pittsburgh es de 5.700 dólares.

Con este cuadro de costos a la vista podemos hacer una asignación razonable de puntos de embarque para atender a las demandas. Esto es que el costo de envío de una motocicleta desde Filadelfia a Nueva York es solamente de 1.90 dólares, podemos atender la demanda de Nueva York desde Filadelfia y llegaríamos a servirla como nos conviene, a su vez tomaríamos medidas para que los costos elevados disminuyeran.

## MATRIZ DE COSTOS DE DISTRIBUCION

FIG.5.2.2

DESDE	KANSAS	DETROIT	PITTSBURGH	NEW YORK	OFERTA
FILADELFIA	12.30	675	4.00	1.90	90
CHICAGO	6.10	3.80	5.70	9.45	160
ST. LOUIS	3.50	6.15	6.85	10.60	80
DEMANDA	70	90	60	110	330

La primera serie de asignaciones la haríamos siguiendo un modelo de acuerdo con las reglas del método de distribución de programación lineal expuesto simplemente debemos hacer una asignación es decir 6 asignaciones para satisfacer las condiciones establecida en los bordes para la oferta y la demanda.

Ahora hemos completado nuestra primera serie de asignaciones si estamos para tratar de mejora, determinaremos un criterio; la suma de los costos de distribución calculados, es simplemente la suma de costo por unidad por el número de unidades asignado a cada zona particular, la primera zona que hemos estudiado tenía un costo unitario de 1.90 dólares y liemos asignado 90 unidades, su costo es de  $90 \times 1.90 = 171$  dólares; de la misma manera el costo para las otras, zonas será:

$$10 \times 6.10 = 61 \text{ dólares (Chicago)}$$

$$90 \times 3.80 = 342 \text{ dólares (Chicago -Detroit)}$$

$$60 \times 5.70 = 342 \text{ dólares (St. Louis -Pittsburgh)} \quad 60 \times 3.50 = 210 \text{ dólares}$$

$$\text{(St. Louis -Kansas)}$$

$$20 \times 10.60 = 212 \text{ dólares (St. Louis -Nueva York)}$$

$$\text{Costo total} = 1338 \text{ dólares}$$

Para determinar si podemos mejorar nuestra solución inicial debemos evaluar los cuadros o zonas vacías en la matriz, debemos satisfacer todas las demandas individuales y agotar cada suministro de la oferta y "completar seis cuadros o zonas, hay una regla sencilla: todo evaluación de un cuadro vacío implicará todos los movimientos en ángulo recto desde y hasta el cuadro que estudiamos.

## LOCALIZACION DE OPERACIONES DE SERVICIO.

Para un análisis de localización los servicios pueden distinguirse en dos categorías; servicios fijos consumidos en las instalaciones en que son suministrados (hoteles, bancos restaurantes etc. los que son Suministrados en el momento salubridad, emergencia, policía ambulancias etc.) Se consumen donde son demandados.

En los enfoques basados en la investigación de operaciones el costo total de acceso con frecuencia representan la función objetivo para los servicios entregados, los costos pueden ser expresados en términos de dinero, tiempo distancia o alguna otra adecuada.

En los servicios entregados es necesario determinar tanto la ubicación y la designación de áreas de respuesta para cada - instalación, los servicios de emergencia, como en el caso de ambulancias, protección contra incendios y protección policíaca requieren una respuesta rápida. La naturaleza aleatoria del tiempo y frecuencia de las llamadas de servicio, en combinación con los tiempos variables de respuesta y servicio, colocan al problema dentro del marco de referencia general de una situación de línea de espera, pero los administradores de estos sistemas tendrán que contar con una capacidad extremadamente extensa y costosa con el fin de satisfacer los estándares de respuesta, impuestos si las instalaciones se basaran en la demanda pico, estas instalaciones estarían necesariamente inactivas la mayor parte del tiempo. Como la postergación de - las llamadas en cualquier medida considerable no es aceptable se han utilizado estrategias de diversificación para proveer el servicio aun costo razonable. Así las localizaciones son móviles en el caso de las ambulancias y la protección policíaca a través de sistemas de comunicaciones en ambos sentidos; en lugar de regresar siempre a una base, las ambulancias y los carros de patrulla pueden ser realizados en tránsito.

El modelo matemático para evaluar la localización de las estaciones de servicio, queda en la mejor ubicación, en el caso de las estaciones de bomberos se encuentra las secciones de la ciudad, diferentes posibilidades en relación con la estructura residencial y comercial, tasas de alarma, clasificación de los peligros y configuración de las vías de comunicación.

Existen algunos modelos generales pueden ser adaptados a las necesidades de una gran variedad de sistemas. Por ejemplo se encuentra el modelo de la mediana simple, la programación lineal, la simulación, el método de centro de gravedad.

Analizaremos el método de gravedad. Supóngase que existe  $m$  usuarios cuyas localizaciones están determinadas por puntos en un plano. El objetivo es determinar la localización del centro de servicio, en el cual se minimicen los costos totales de viaje. El costo total de la suma de los costos incurridos para dar servicio a cada usuario.

La ubicación del centro servicio esta definida por las coordenadas  $(m_x, m_y)$  la distancia del usuario y la fuente de servicio

En el ejemplo para la ubicación de la estación de bomberos esta relacionadas matemáticamente con todas las características de las áreas en las cuales podrían estar localizadas las estaciones\_:

-tamaño del área en la cual prestará servicio

-El número de estaciones en la región.

-Número de estaciones ocupadas

-Configuración de las vías de transporte y características de movilización de las estaciones.

El siguiente ejemplo nos hará entender mejor el uso de los factores que influyen para la ubicación de un centro de servicio:

FACTORES SECTORES	INDICE DE ALARMAS	INDICE DE INCENDIOS	VIAS DE COMUNICACION	ZONA DE PELIGRO	COSTO DE UBICACION
M1	0.25	0.20	B	P	720,200
M2	0.12	0.5	B	-p	180,500
M3	0.07	0.10	R	N	200,400
M4	0.20	0.30	B	P	290,000
M5	0.35	0.25	M	+p	260,000
<b>TOTAL</b>					<b>1'651,100</b>

Para poder ponderar los datos de las columnas: vías de comunicación, índice de peligrosidad se tuvo que acceder al siguiente cuadro de valores

VIAS	ZONAS	PUNTOS
MB= MUY BUENAS	+P = MUY PELIGROSAS	100
B=BUENAS	P = PELIGROSAS	80
R=REGULARES	-P = MENOS PELIGROSAS	50
M=MALAS	N= NINGUNA O CASI	20
	NINGUNA	

FACTORES SECTORES	INDICE DE ALARMAS	INDICE DE INCENDIOS	VIAS DE COMUNICACION	ZONA DE PELIGRO	COSTO DE UBICACION
M1	0.25	0.20	80	0.43	160.88
M2	0.12	0.5	80	0.11	130.28
M3	0.07	0.10	50	0.12	70.68
M4	0.20	0.30	80	0.18	160.68
M5	0.35	0.25	20	0.16	120.76
<b>TOTAL</b>					<b>642.89</b>

A continuación emplearemos la formula de centro de gravedad para encontrar la localización del sector apropiado.

X1=	2	Y1=	10
X2=	3	Y2=	4
X3=	7	Y3=	7
X4=	10	Y4=	9
X5=	8	Y5=	3

$$X_{cm} = \frac{321.76+390.86+492.03+1606.8+966.08}{642.89} = 5.87$$

$$Y_{cm} = \frac{1608.8+521.12+491.03+1446.12+362.28}{642.89} = 6.89$$

Entonces los puntos X y Y y Serán ubicados en el eje de coordenadas que se realizó para el estudio.

## METODO DE DISTRIBUCION.

En los problemas de distribución y transporte, el método de distribución asume el conocimiento de las instalaciones y sus capacidades.

La ecuación determina que proporción de la demanda será satisfecha desde cada instalación, minimizando el costo total de producción y distribución, este problema puede ser formulado como un programa lineal.

Cuando se tiene especificada la ubicación de las instalaciones y los usuarios el problema de minimizar los costos totales de producción y distribución satisfaciendo la demanda de cada usuario.

El modelo matemático se formula como:

Mín.  $\sum C_{ij} X_{ij}$  (representa el costo total de producción y distribución)

Sujeto a:

- 1)  $\sum X_{ij} = D_i$ ,  $i=1$  a  $m$  (asegura que se satisfaga toda  $i=1$  a  $m$  la demanda del usuario)
- 2)  $\sum X_{ij} = U_j$ ,  $j=1$  a  $n$  (asegura que el total de embarques de la instalación  $j$  no exceda su capacidad)
- 3)  $X_{ij} \geq 0$ ,  $i=1$  a  $m$ ;  $j=1$  a  $n$  (se restringen todas las asignaciones para que no sean negativas)

En este modelo de distribución:

$C_{ij}$  = costo unitario de producción y distribución para servir al usuario  $i$  desde la instalación  $j$

$X_{ij}$  = Número de unidades suministradas desde la instalación  $j$  a  $D_i$  = Demanda total para el usuario  $i$

$U_j$  = Capacidad total de la instalación  $j$

Podemos resolverlo por el método simplex, aproximaciones de Vogel, de la esquina noroccidental, etc.

Ejemplo:

Situación de distribución de la compañía "S", existen 3 plantas ubicadas en Guadalajara (G), Saltillo (S) y México (M), que fabrican productos similares, hay 5 puntos principales de



1.- Puede haber muchas plantas y bodegas al igual que localizaciones de los clientes que proporcionen un número muy grande de variables y limitaciones. 20 plantas, 50 bodegas y 150 mercados; dando como resultado 150 000 variables y 220 limitantes

2. el número de plantas y bodegas que se van a utilizar podría no fijarse por anticipado dando un número muy grande de combinaciones de localización a considerar

3. Puede haber costos fijos en cada planta más un costo variable que depende de la cantidad producida y embarcada. Esta estructura de costo no es lineal y requiere de un algoritmo especial para su solución

4. Un número alto de productos incrementa el problema

5. El número de formas de transporte

6. Políticas de servicio cliente (que el cliente debe recibir servicio de la bodega más cercana)

7. La demanda podría tener una naturaleza de probabilidades

Los métodos para resolver problemas grandes podrían ser:

-Método de descomposición de Bender y el algoritmo de transporte

-Método de simulación.

## LOCALIZACION DE OPERACIONES DE SERVICIO

Para la rentabilidad de cualquier empresa es de suma importancia la ubicación de sus plantas de fabricación, almacenes, establecimientos de venta al menudeo, centros de servicio y otras unidades de actividad económica. Las decisiones que se relación con la ubicación están en el centro mismo de un complejo proceso de planeación y se modifican por otras actividades de planeación a nivel de empresa.

La Planeación Estratégica.

Si una empresa planea llevar a cabo todas sus actividades en una sola ubicación, puede seguir adelante con las decisiones de región, de área y de localidad, en cambio si se piensa en la expansión, habrá que tomar primero ciertas decisiones estratégicas ; como ampliar la ubicación actual cambiar de lugar por tener mayores ventajas en la producción, transporte.

Menores impuestos etc...

,

## PROCEDIMIENTO PRA DECIDIR LA UBICACION

L. Definir los objetivos de localización y las variables asociadas

M. Identificar el criterio relevante de decisión

\*Cuantitativo económico

\*Cualitativo menos tangible

N. Relacionar los objetivos con el criterio en la forma de un modelo o modelos (como punto de equilibrio, programación lineal y análisis de factores cualitativos).

Ñ. Generar los datos necesarios y usar los modelos para evaluar las alternativas de ubicación.

O. Seleccionar la localización, más adecuada.

#### METODO DE ANALISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO PRA DECIDIR LA UBICACION.

a. Determinar todos los costos relevantes que varían con la ubicación

b. Clasificar los costos en cada ubicación

c. Representar los costos asociados con cada ubicación en una grafica de costo anual contra volumen anual.

d. Seleccionar la localización con el menor costo total (CT) y con el volumen de producción esperado (V)

#### EJEMPLO:

LOCALIZACION POTENCIAL	COSTO FIJO AÑO	COSTO VARIABLE U.
A	150,000	75.00 B
50.00 C	400,000	25.00

Si el volumen de ventas es de 6000 unidades por año los costos son :

a.  $CT = 150,000 + 75 (6,000) = 600,000$

b.  $CT = 200,000 + 50 (Q,000) = 500,000$

c.  $CT = 400,000 + 25 (6,000) = 550,000$

Por tanto la localización más económica es la b. la utilidad esperada (usando b) utilidad = It -CT

=  $(130/6,000) - 500,000 = \mathbf{280,000 / año}$

El producto se espera vender \$ 130.00

## PROCEDIMIENTO PARA CALIFICAR EL FACTOR CUALITATIVO:

1. Preparar una lista de los factores relevantes
2. Asignar una ponderación a cada factor para indicar su importancia relativa
3. Asignar una escala común a cada factor (0- 100) establecer un mínimo
4. Calificar cada lugar potencial de acuerdo con la escala diseñada y multiplicador las calificaciones por las ponderaciones.
5. Sumar los puntos de cada ubicación y escoger la ubicación que tenga más puntos.

## EJEMPLO:

### FACTORES RELEVANTES PONDERACION ASIGNADA CALIFIC. CALIFIC. PONDERADA

Costo de Producción	0.33	50	16.50
Oferta de Mat. P.	0.25	70	17.50
Disp. Mano de obra	0.20	55	11.00
Costo de la vida	0.25	80	4.00
Ambiente	0.02	60	1.20
Mercados	0.15	80	12.00
<b>CALIFICACION TOTAL</b>			<b>62.20</b>

## PROGRAMACION LINEAL DE TRANSPORTE

El transporte no añade valor a un producto mas 10 que la disponibilidad, sin embargo los costos de transporte de materias primas y productos terminados son regularmente significativos y merecen un análisis especial.

1. el objetivo es reducir al mínimo posible el costo total de transporte
2. Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades transportadas
3. La oferta y la demanda están expresadas en unidades homogéneas
4. Los costos de transporte por unidad no varían con la cantidad transportada
5. La oferta total debe ser igual ala demanda total

SOLUCIONES INICIALES

SOLUCIONES ÓPTIMAS

a. Costo mínimo

a. Stepping stone

b. Esquina noroeste

b. Distribución modificada

c. Aproximación de Vogel

### EJEMPLO:

PLANTAS PROVEEDORAS

COSTOS DE RECIBIR INSUMOS DE

	D	E	F
A	10	14	8
B	12	10	12
C	8	12	10

La capacidad en las plantas proveedoras es de 20, 30 y 40 respectivamente, su capacidad de absorción es de 40, 30 y 20.

### MODELOS PARA LA LOCALIZACION DE SERVICIOS.

Se usan muchos modelos cuantitativos para ayudar a determinar los mejores sitios para la ubicación de unas instalaciones.

Los modelos son dinámicos por lo que un buen conjunto de hoy puede no ser tan bueno en unos años ó más.

Algunas de las características para la localización de instalaciones de servicio son tener en cuenta el tamaño del área en - la cual se prestará el servicio, número de estaciones en la región, número de estaciones ocupadas, configuración de las vías de transporte, características de movilización de las estaciones en la región, características de movilización de las estaciones y recursos para poder extenderse.

Existen algunos modelos generales que pueden ser adaptados a las necesidades de una gran variedad de sistemas. Se describen de manera breve tres modelos que han sido empleados para resolver problemas de localización.

El modelo de gravedad ayuda a encontrar respuesta sobre la localización de un centro de servicio, este modelo tiene en cuenta el volumen de despachos pero únicamente en rutas rectangulares. Todos los movimientos se hacen en las direcciones este-oeste y norte-sur, no se consideran movimientos diagonales a pesar de lo cuales el modelo de gravedad puede aproximarse a la ubicación óptima.

### PASOS PARA DECIDIR DONDE UBICAR LAS INSTALACIONES

1. Definir los objetivos de localización y las variables asociadas.

2. Identificar el criterio relevante de decisión

3. Relacionar los objetivos con el criterio en la forma de un modelo o modelos
4. Generar los datos necesarios y usar los modelos para evaluar las alternativas de ubicación
5. Seleccionar la localización que mejor satisfaga el criterio.

#### PRONOSTICO DE DEMANDA PARA LAS OPERACIONES.

#### METODOS DE SERIES DE TIEMPO.

Apartir de los 70' la competencia es muy fuerte ya partir de los 90' es importante y fundamental formar bloques. La característica de la producción moderna es que ya no es masiva sino flexible, conociendo la demanda por medio de pronósticos, todo esto para definir el sistema productivo.

Los productos pueden ser comerciales, requiriend<sup>o</sup> conocer más las características de la demanda. Otros productos son industriales.

Importancia de los pronósticos.

Los pronósticos son una herramienta que disminuye la incertidumbre del futuro en cuanto a las expectativas de la demanda del mercado o clientes. Tiene varias aplicaciones, por ejemplo:

1. para mercadotecnia el pronóstico es una valiosa guía para la planeación del lanzamiento de un nuevo producto, campañas publicitarias, promociones y políticas de precios conociendo que, cuando y cuanto.
- 2- para finanzas le sirve como base para la elaboración de los presupuestos financieros y estados de pérdidas y ganancias. El que, cuando y cuanta se traduce a costos.
3. en el plano operativo se utiliza para la planeación y diseño de los procesos productivos, capacidad de planta, compra de maquinaria equipo y principalmente para determinar el nivel de los inventarios de materiales.
4. en las actividades de planeación y diseño de proceso se utiliza para definir el tiempo de proceso y el grado de automatización que se deberá emplear para satisfacer la demanda. Por ejemplo si el nivel de demanda es bajo, entonces el ritmo de producción podrá ser intermitente, por el contrario si es alto se puede justificar una línea de producción en serie con alta automatización.
5. en las decisiones acerca de la capacidad total de las instalaciones será necesario contar con datos que abarquen un horizonte amplio para la planeación estratégica (más de cinco años) las decisiones de la capacidad a mediano plazo para.

La planeación táctica (de dos a tres años).Deberá contener una clasificación por línea de producto y una precisión mayor que nos permita definir los planes de contratación y compra de insumos necesarios.

Las decisiones a corto plazo para la planeación operativa hasta un año incluirán la asignación de los recursos disponibles tales como mano de obra, maquinaria, equipos, herramientas, materia prima, insumos y recursos técnicos involucrados en una forma precisa.

Clasificación de las técnicas para pronosticar.

Dependiendo del horizonte a cubrir los pronósticos se clasifican:

1. A corto plazo: se emplea para la planeación operativa hasta un año.
2. A mediano plazo: hasta tres años y se emplean para la planeación táctica.
3. Pronósticos a largo plazo: de tres a cinco años para la planeación estratégica.

Según la técnica empleada en tres grupos:

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Técnicas cualitativas  | 2. Técnicas causales |
| 3. Técnicas cuantitativas |                      |

1. Técnicas cualitativas:

Se basan en el juicio, conociendo y en experiencia de uno o varios especialistas que debido a su trayectoria están en posición de dar una opinión autorizada acerca del comportamiento de la demanda para un producto en un período determinado.

Debido a que éstas técnicas utilizan aspectos subjetivos, la aplicación de ellas se justifica cuando se carezca de datos horizontales que aporten información suficiente respecto a la proyección futura de la demanda. Ejemplo, lanzamiento de un nuevo producto o línea. Dos técnicas cualitativas son:

- a) Método Delphi: se basa en la opinión de un grupo de expertos para la obtención de un pronóstico, los especialistas o expertos deben responder a un cuestionario previamente elaborado por el gerente comercial o de ventas, director o dueño. En esta primera reunión o vuelta con especialistas resuelve el cuestionario, posteriormente todas las encuestas son procesadas estadísticamente y con esta información se retroalimenta al grupo; en la segunda reunión se pide a los expertos que reconsideren su opinión inicial repitiendo el mismo procedimiento tres veces más, hasta que se logra una convergencia de opinión adecuada. Cada respuesta es anónima para que el resultado no se vea influenciado por presiones de autoridad ficticia o mayoría. Una vez concluida la última vuelta los resultados tabulados constituyen un pronóstico.
- b) Método de investigación de mercados: esta técnica es empleada sobre todo por empresas productoras de bienes de consumo aunque también es útil en empresas de servicio, de bienes de capital, productos industriales y comercializadoras. La investigación de mercados de dos aspectos diferentes:

-De acuerdo a la información que requiere la investigación de mercado puede ser: producto, marca, precio, publicidad, distribución, consumo.

-de acuerdo a la fuente empleada: estudios internos, estudios Externos.

La investigación de mercado permite obtener un juicio acerca de los gustos, actitudes, hábitos, preferencias, necesidades, etc. de los consumidores reales y potenciales, de los productos que se fabrican y se ofrecen al mercado.

## 2. Técnicas Causales:

Estas técnicas basan sus estimaciones en el grado de relación que existe entre una o más variables o dicho de otra forma tratan de describir en forma adecuada la relación causa-efecto. Como ejemplo de éstas técnicas tenemos.

a) Correlación simple: es la relación que existe entre dos variables x y. Dado un conjunto de N datos pares (x,y) es importante conocer que tan fuerte es la relación que existe entre y (que puede ser: demanda, ventas, producción y una variable independiente mediante la obtención de un coeficiente de correlación o determinación r .

**La magnitud de r** = variación en la cual y queda explicada con su relación con x.  
La expresión matemática para este coeficiente es:

$$r = \frac{[n \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)]}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Si  $r \sim 0.80$  es confiable.

## 3. Técnicas cuantitativas:

### a) Método de promedio simple

Un promedio simple es el de datos históricos en donde las demandas de todos los períodos previos son ponderadas con igual peso, se calcula como sigue:

$$PS = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{n}$$

Donde: D1 = demanda del período más reciente  
D2 = demanda que se presentó hace dos períodos  
Dn = demanda que se presentó hace n períodos  
PS = promedio simple

### b) Método de promedio simple móvil

Un promedio simple móvil combina los datos de la demanda de varios de los períodos más recientes y su promedio se toma como el pronóstico para el período siguiente.

$$PM = \frac{D_t}{n}$$

Donde:  $t = 1$  es el período más lejano para el promedio de  $n$  períodos  
 $t = n$  es el período de tiempo más reciente

c) Método de promedio móvil ponderado

Un promedio móvil ponderado es uno que incluye alguna ponderación para la demanda de los períodos pasados, pero que no es igual para todos los que se están considerando.

Promedio móvil ponderado = Demanda de cada período multiplicada por un factor de ponderación, sumados todos durante los períodos del promedio móvil

$$PMP = \sum_{t=1}^n C_t D_t$$

Donde:  $0.05 \leq C_t \leq 0.5$

d) Método de demanda constante

Es aquel en donde se obtiene la media de los datos pasados así como su desviación estándar para poder pronosticar el rango en el cuál se encontrará el pronóstico siguiente, por medio de los límites superior e inferior.

$$DC = \bar{x} \pm S_x$$

e) Método de mínimos cuadrados.

Es aquel en el cual se aplica la ecuación de la recta, para calcular la pendiente y la ordenada se sigue una serie de pasos al cual se le llama "método de las 8 columnas". Además permite calcular la desviación estándar a la que podrá estar sujeta la cantidad obtenida en la ecuación de la recta.

COLUMNA DESCRIPCION

- 1 períodos históricos (días, semanas, meses, años)
- 2 y datos históricos (ventas, inventarios, etc)
- 3  $x$  se le asigna 0 al dato central, valores negativos hacia arriba y positivos hacia abajo, siendo el siguiente período la incógnita
- 4  $x$  se eleva al cuadrado la columna 3
- 5  $xy$  se multiplican las columnas 2 y 3
- 6  $y = a + bx$  se calculan  $a$  y  $b$  como sigue:  $a = \frac{\sum y}{n}$   $b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$
- 7  $y - y$  se resta la columna 6 a la 2
- 8  $(y - \bar{y})^2$  se eleva al cuadrado la columna 7 y se calcula la desviación estándar como sigue:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

f) Método de Suavización Exponencial Ajustada.

El coeficiente de suavización permite variar en un valor igual o más o menos 0.05 en cualquier período hasta un máximo de 0.95, la decisión de cambiar o no el valor de  $\alpha$  es tomada en cada



período basándose para ello en una comparación del error en los pronósticos. Se calculan tres errores en los pronósticos: uno para el pronóstico actual con; -uno para el pronóstico actual con (+0.05) y otro para el pronóstico actual con (-0.05).

Se comparan los errores de los tres pronósticos y se define el nuevo seleccionado el pronóstico actual con el menor error y estableciendo como, + 0.05 ó -0.05 existen muchos más modelos adoptivos y estudios que los comparan con modelos ajustados. Algunos modelos ajustados son superiores especialmente para patrones de demanda inestable.

$$PD_t = P_t + (1 - \alpha)PD_{t-1}$$

## MÉTODOS DE PRONÓSTICO CAUSAL

Los métodos causales de pronóstico desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. Por ejemplo, la demanda de helados puede relacionarse con la población, la temperatura promedio en el verano y la hora. Se pueden recolectar datos sobre estas variables y llevar a cabo un análisis para determinar la validez del modelo propuesto. Uno de los métodos causales más conocidos es el análisis para determinar la validez del modelo propuesto. Uno de los métodos causales más conocidos es el análisis de regresión, en el cual debe especificarse un modelo antes de que los datos sean recopilados y se lleve a cabo el análisis. El caso más sencillo es el modelo lineal de una sola variable que se presenta a continuación:

$$y = a + bx$$

Donde:

$\bar{y}$  = demanda estimada

x = variable independiente (que se supone ser la causa de

a = intercepción con el eje y

b = pendiente

En este modelo, se supone que se observaron n pares de valores de x y y. Se denotan estos pares como (x1,y1), (x2,y2), ..., (xn,yn). Obsérvese

que el símbolo  $y_i$  denota valores observados de y y que el símbolo  $\bar{y}$  denota puntos sobre la recta expresados por la ecuación

$$y = a + bx$$

Los valores de y que han sido observados no quedan exactamente sobre la recta, debido a los errores aleatorios en los datos. Para cada punto observado, el error puede

Expresarse como  $y_i - \bar{y}$ , y la varianza total o error elevado al cuadrado debido a la totalidad de los puntos será entonces:

$$(y_i - \bar{y})^2 = (a + bx_i - \bar{y})^2$$

En el análisis de regresión, el objetivo consiste en minimizar la ecuación de error que se muestra arriba, seleccionando valores para a y b. El error mínimo puede encontrarse aplicando el cálculo diferencial, lo cual daría como resultado el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - b \frac{\sum x_i}{n}$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Para un conjunto dado de  $n$  pares de datos  $(x_1, y_1)$   $(x_2, y_2)$   $(x_n, y_n)$ , pueden encontrarse los valores de  $a$  y  $b$  a partir de las ecuaciones anteriores. Estos valores describen a la línea recta que presenta el mejor (mínimos cuadrados) predictor de la demanda y tomando como base los valores de la variable independiente  $x$ .

Se puede también calcular que tan fuerte es la relación que existe entre  $y$  y  $x$  mediante la obtención de  $r$ , el coeficiente de determinación. El valor de  $r$  representa la proporción de variación en  $y$  que queda explicada por la relación con  $x$ ; el resto de la variación  $1-r$  se debe a efectos de azar o a factores distintos a  $x$ . Por lo tanto, es deseable que el valor de  $r$  se aproxime a 1 tanto como sea posible.

El análisis de regresión lineal simple indica los principios de los pronósticos causales. El pronóstico de demanda debe relacionarse con una o más variables que se supone son de naturaleza independiente.

Los modelos de regresión de una sola variable pueden extenderse a modelos de regresión múltiple, los cuales utilizan más de una variable independiente  $x$ .

Existen otro tipo de modelo causal que es el econométrico, sin embargo la aplicación de este método es más costosa y compleja que los de regresión, sin embargo, en situaciones donde es necesario modelar en detalle un segmento de la economía esta es la mejor opción.

## NATURALEZA DE LA PLANEACION AGREGADA

La planeación agregada constituye un vínculo entre las decisiones de instalaciones y la programación de operaciones. Las decisiones de planeación agregada se encargan de fijar los niveles generales de producción dentro de un plazo medio. En consecuencia, también deberán tomarse decisiones en cuanto a los niveles agregados de inventarios, al tamaño de fuerza de trabajo, a las subcontrataciones y a los niveles de faltantes permitidos. Estas decisiones deben embonar dentro del nivel de las instalaciones disponibles y restringen los recursos que se tendrán para llevar a cabo la programación de operaciones.

La planeación agregada estudia la forma de coordinar la oferta y la demanda dentro de un plazo medio. En el problema de la planeación agregada se planea el mejor nivel global de producción de tal modo que se use la mejor mezcla de recursos.

Las variables de oferta que pueden cambiarse mediante la planeación agregada son las contrataciones, los despidos, el tiempo extra, el tiempo ocioso, el inventario, las subcontrataciones, la mano de obra de tiempo parcial y los convenios cooperativos. Las variables que están disponibles para influir sobre la demanda son: la fijación de precios, la promoción, las reservaciones o los pedidos por faltantes y los productos complementarios.

Cuando la demanda ha sido dada, se dispone de dos estrategias puras para ajustar la oferta: la estrategia de ajuste a la demanda y la estrategia de nivelación de la fuerza de trabajo. Existen además muchas estrategias mixtas que se sitúan entre estos dos extremos. Una forma de elegir una estrategia es determinar el costo total de cada una de las estrategias disponibles.

A pesar del número de modelos que están disponibles y de los resultados favorables que se han logrado en algunos casos, los modelos de planeación agregada no han obtenido una amplia aceptación en la industria. Puede ser necesario llevar a cabo un esfuerzo de implementación más concertado que incluya una clara definición de problema de decisión en cada caso, modelos hechos a la medida y una demostración de las mejoras en los resultados de la planeación.

## PROCESOS DE DECISION PARA LA PLANEACION AGREGADA

### 1. Métodos gráficos y cartas:

Como introducción al problema de la planeación agregada vemos los datos del cuadro 1 que se refiere a los requerimientos mensuales esperados en la producción de un pequeño fabricante, junto con los inventarios de contingencia requeridos y los días de trabajo disponibles.

En primer lugar los requerimientos mensuales que aparecen en el cuadro 1 son diferentes cuando se relacionan con los días de producción disponibles. En la figura 1 vemos los requerimientos de producción por día de producción lo que nos da un patrón de demanda menos uniforme para las instalaciones productivas, debido a que varía el número de los días disponibles de un mes a otro, y particularmente en el período de vacaciones, de Agosto cuando toda la planta cierra por dos semanas, mientras el patrón estacional más pronunciado parece ser  $1,100/300 = 3.67$  (nivel máximo en Marzo, 1,100 y valor mínimo en Octubre y Noviembre, 300), pero en la figura apreciamos en realidad que la verdadera de nivel máximo a mínimo es  $50/13 = 3.9$ .

En la figura 2 se muestra una técnica gráfica para la elaboración de planes alternativos factibles. El procedimiento consiste en graficar primeramente los puntos de los requerimientos acumulados de la producción y luego, la curva de los requerimientos máximos acumulados. Para trazar ésta última curva basta sumar los inventarios de contingencia de cada período. Luego, se puede utilizar la gráfica de los requerimientos máximos acumulados, tener una buena base de comparación entre las distintas maneras de satisfacer los requerimientos sin dejar de proporcionar la protección que se desea contra el agotamiento de existencias.

Todo programa de producción que reúna las condiciones anteriores debe encontrarse por encima de la línea de requerimientos máximos acumulados.

En la figura 2 hemos dibujado tres programas alternativos de producción. El plan 1 propone una producción uniforme y requiere un inventario inicial de 1,600 unidades para ser factible, el plan 2 sigue los requerimientos un poco más de cerca porque las tasas de producción cambian tres veces durante el año; evidentemente el plan 2 requiere acumulaciones de inventarios estacionales menores que el plan 1, pero implica otras desventajas de costos, a causa de las necesidades de contratar y liquidar personal, pagar horas extras y algunas cantidades por concepto de subcontratación, el plan 3 supone únicamente dos cambios del nivel de producción pero acumula mayores inventarios estacionales hacia la mitad del año. En la figura 3 aparece la secuencia de los cambios de las tasas de producción en los tres planes alternativos en relación con los requerimientos previsible de la producción.

### 2. Métodos matemáticos de optimización. ,

#### a) Método de distribución para la planeación agregada.

El modelo de la distribución de la programación lineal aplicado a la planeación agregada se puede utilizar como marco de referencia en distintas modificaciones. En primer lugar, para asignar la capacidad disponible por períodos a las ventas agregadas pronosticadas cuando las fuentes son regulares, la capacidad de producción con tiempo extra y los inventarios. Este formato se puede ampliar fácilmente a más de un producto si se pueden establecer unidades comunes a todos los productos para expresar las ventas y los costos de producción y almacenaje.

Cuando nos ocupamos de una situación de plantas múltiples, un

Programación lineal, es decir, determinar que plantas deberán operar ya qué ni veles, para satisfacer la demanda en las áreas del mercado. Por supuesto este mismo problema puede reducirse a la decisión de cerrar o no una planta específica.

b) Método simplex para la planeación agregada.

El método simplex de programación lineal ha sido propuesto también como marco de referencia del problema de la planeación; su principal ventaja sobre el modelo de distribución consiste en que incluye los costos del cambio de nivel de la producción y de la escasez.

Mc Garrah y Hanssmann y Hess han ideado modelos simplex que expanden el horizonte del tiempo. El modelo de Mc Garrah implica la reducción al mínimo de los costos del cambio más los costos de mantener el inventario, cuando los costos del cambio se definen como dos funciones lineales, una para los aumentos de producción y otra para la disminución. Este modelo amplía considerablemente el tamaño de la matriz del simplex y es probable que requiera el uso de la computadora para su solución

Pero la desventaja es que el modelo no se aproxime lo suficiente a la realidad y no se ocupa directamente de las variables de decisión de la dirección, como la magnitud de la fuerza de trabajo, la tasa de producción y el empleo de la subcontratación externa.

La formulación simplex de Hanssmann y Hess aísla la fuerza de trabajo y la tasa de producción como variables independientes, mientras que los costos de la nómina regular, de la contratación, despido, horas extras, inventario y escasez son

, variables dependientes en el contexto de un horizonte de planeación de tiempo prefijado. En virtud de que este modelo se expresa en forma de formato de la Regla de Decisión Lineal.

c) La regla de decisión lineal. (LDR)

La regla de decisión lineal fué ideada por Holt, Modigliani, Muth y Simon, como medio para la toma de decisiones relativas a la ocupación agregada ya la tasa de producción, habiéndose probado por primera vez en una fábrica de pinturas.

La regla de decisión lineal se basa en el desarrollo de una función cuadrática de costos, cuyos componentes de costo son la nómina regular y los costos de contratación, despidos, tiempo extra, mantenimiento de inventario, pedidos pendientes, y montaje de las máquinas. La función cuadrática de costos se utiliza, posteriormente, para derivar dos reglas de decisión lineal y fijar los niveles de la fuerza de trabajo y de la tasa de producción para el período siguiente, según el pronóstico de las ventas agregadas de 12 períodos adelante.

d) La LDR y el modelo de programación lineal de Hanssmann-Hess.

Hanssmann y Hess construyeron un modelo simplex de programación lineal para la planeación agregada, que es equivalente al modelo de la LDR en su estructura general. En, ambos modelos las decisiones se toman de acuerdo con la fuerza de trabajo y la tasa de producción; la función de criterio del costo incluye exactamente los mismos componentes: costos de la nómina regular, de contratación, liquidación, horas extras, inventario y escasez. La diferencia básica se encuentra entonces en el hecho -de que en el modelo de programación lineal de Hanssmann-Hess la función de criterio del costo es lineal, mientras que en el modelo de la LDR es cuadrática.

Hanssmann y Hess no informaron sobre cómo aplicar extensamente su modelo en un marco industrial, pero se cuenta con un estudio independiente para comparar los dos modelos.

Kolenda hizo un estudio de la actuación comparada de los dos modelos, utilizando los datos de la primera empresa en que se llevó a cabo en conexión con la LDR. Al hacer la comparación, Kolenda realizó experimentos destinados a proporcionar respuestas a las siguientes cinco preguntas:

-¿Hay alguna diferencia entre las soluciones de los dos modelos?

-Si hay alguna diferencia, ¿podemos reducirla al mínimo, modificando la estructura de un conjunto de costo?

-Antes de calcular efectivamente la solución de la programación lineal, ¿podemos medir o predecir la diferencia entre las soluciones, examinando las características específicas de las curvas?

-¿Cómo cambian las soluciones del modelo lineal cuando varían las pendientes de la aproximación lineal?

-Sin ejecutar realmente la LDR, ¿se puede desarrollar un conjunto de reglas que nos digan cómo colocar aproximaciones lineales a las curvas cuadráticas de costos de la LDR, para lograr idénticas respuestas?

e) Otros métodos de solución

Se han aplicado otras metodologías de solución al problema de la planeación y la calendarización a nivel agregado, con distintos grados de éxito, como:

-Enumeración total

-Programación dinámica

-El principio del máximo

### 3. El Sistema de Programación de la SDR.

El sistema completo de programación de la SDR se compone un programa principal y de dos subrutinas, que contienen la rutina de análisis y el modelo de costos. En la siguiente figura aparece la secuencia de operación del sistema. El programa principal pone valores iniciales a todas las variables y lee en el pronóstico de ventas, el vector de decisión inicial y el vector de estado inicial. El programa principal llama entonces a la rutina de análisis, la que a su vez explora sistemáticamente la superficie de respuestas del modelo de costos hasta que se alcanza el límite del número de evaluaciones del modelo de costos, o hasta que no puede encontrar un punto mejor.

La rutina de análisis varía continuamente los componentes del vector de decisiones, en un intento por minimizar el costo total de operación en el horizonte de planeación completo. Al concluir el análisis, vuelve el control al programa principal para la impresión del vector de decisión final y de otra información relativa a la operación del modelo de costos.

El tiempo de computadora típico para un análisis de SDR completo fluctúa entre 3 segundos y 2 minutos en la mayoría de las computadoras de tamaño mediano, según sea la complejidad del modelo de costos.

Ventajas y desventajas de la SDR.

Ventajas:

-Permite la elaboración de modelos conforme a la realidad, y no emplea muchos supuestos restrictivos, tales como las expresiones matemáticas de forma cerrada, las funciones de costo lineales o cuadráticas, etc.

-Permite variar la estructura matemática de una etapa a otra (etapas heterogéneas), de manera que se pueden prever cambios anticipados en el sistema, tales como la introducción de nuevos productos o equipos de producción, reorganizaciones, aumentos de salarios, etc.

-Proporciona al gerente de operaciones un conjunto de las decisiones corrientes ya futuro.

-Permite la optimización de la toma de decisiones no agregadas.

-Se presta para el desarrollo de modelos evolutivos de costo, y proporciona soluciones en puntos deseados del proceso iterativo.

-Facilita el análisis de sensibilidad y proporciona datos de sensibilidad, mientras la rutina de análisis converge hacia una solución.

-Maneja fácilmente el descuento de los flujos de efectivo, las funciones de utilidad no lineales, las funciones objetivos múltiples y las restricciones complejas.

-Ofrece la posibilidad de resolver muchos problemas de planeación de operaciones, que de otra manera son insolubles.

-La metodología es general y se puede aplicar a problemas de decisión de una sola o de múltiples etapas no relacionadas con la planeación agregada. Por ejemplo, la determinación de la estructura óptima de capital para una empresa, dados los pronósticos de las tasas de interés, la

actuación de las acciones, etc., o la determinación de una asignación de costo mínimo de la fuerza de trabajo o las actividades definidas por una red de ruta crítica.

Desventajas:

-La optimización con el empleo de las rutinas de análisis por computadora es un arte, y actualmente resulta imposible afirmar, apriori, que rutina de análisis proporcionará el mejor desempeño

En una función objetivo particular.

-Las decisiones tomadas por esta metodología puede no representar el óptimo global absoluto, y en general no lo representan.

-La dimensionalidad de la superficie de respuestas parece ser un factor limitante.

## **PROGRAMACION y CONTROL PARA SISTEMAS DE GRAN VOLUMEN.**

Todas las decisiones de programación de operaciones tienen que ver con la distribución de recursos escasos entre trabajos, actividades, tareas o clientes. Para llevar a cabo la programación, se supone que todos los recursos se fijaron cuando se tomaron decisiones de planeación agregada y de instalaciones.

Con los recursos disponibles, la programación de operaciones busca satisfacer objetivos en conflicto: mantener un bajo nivel de inventarios, mantener una alta eficiencia y prestar un buen servicio al cliente. De este modo, siempre que se desarrolla una programación, se toman decisiones de trueques en forma explícita o implícita. Sin embargo, la programación difiere para las operaciones en línea, las operaciones intermitentes y las operaciones por proyecto.

La programación de operaciones de proceso en línea estudia la fabricación de productos múltiples en una sola línea. Si sólo se produce un producto en una línea, no existe el problema de la programación porque la línea se utiliza cuantas veces se requiera ese único producto. Cuando se trata de productos múltiples, se usan los cálculos de los tiempos de carestía para determinar un programa que distribuya la capacidad de la línea entre los productos.

Existe una gran variedad de decisiones de programación para las operaciones de procesos intermitentes. Una de éstas involucra la regulación del insumo al proceso intermitente. Un insumo pequeño producirá un inventario muy bajo, una baja utilización de la mano de obra y un servicio rápido al cliente. Un insumo demasiado grande producirá un inventario muy alto, un alto nivel de utilización y tiempos de entrega muy prolongados.

Los sistemas de programación en general deben responder a las siguientes preguntas:

- 1) Qué fecha de entrega prometo?
- 2) Cuanta capacidad necesito?
- 3) Cuándo debo empezar cada actividad o tarea específica?
- 4) Cómo aseguro que los trabajos se terminen a tiempo?

## DISEÑOS DE CONTROL

Existen muchos diseños para el control de la producción, ya que un sistema de control diseñado para una planta podría no ser adecuado para otra, e incluso no ser eficiente para la planta original al cambiar las necesidades de la producción.

Los sistemas de producción de gran volumen utilizan el tipo de proceso llamado en línea ó producción continua (que emplea una directriz del producto), el producto final está normalizado al igual que la rutina de la manufactura, existe un elevado volumen de producción manufacturada por un equipo especializado, el inventario es bajo durante el proceso y las corridas de producción son largas. Los niveles de aptitud del trabajador son mínimos y se tiene flexibilidad limitada del proceso.

El control del flujo o en serie se aplica al control de la producción continua como el que se ejerce en las refinerías de petróleo, plantas de embotellado, fábrica de cigarrillos, manufactureras de papel y otras plantas de producción en masa. La estandarización de los productos, el equipo y las asignaciones del trabajo permite que los controles también sean normalizados. El interés principal es mantener un suministro continuo y suficiente de los materiales.

El alto volumen de la producción significa que se deben acumular grandes cantidades de materia prima y almacenarse hasta que sean necesarias. Al balance usual del costo de almacenamiento con respecto al costo de oportunidad la afecta la gravedad de la falta de existencias. Debido al carácter inflexible del proceso, toda la operación se ve afectada por la falta de materiales en cualquier parte de la secuencia. El volumen de producción requiere una estricta atención en los inventarios de los artículos terminados y una operación continua de distribución.

El despacho de la orden de trabajo es casi innecesario debido a las grandes corridas de producción. Los trabajadores conocen sus asignaciones del trabajo repetitivo sin necesidad de instrucciones especiales. El equivalente más próximo a las órdenes de trabajo es la emisión de tareas de producción, las cuales establecen el nivel de producción - esperado durante cierto intervalo. Estas por lo común, van dirigidas a los directores de producción ya los supervisores, quienes controlan el flujo del proceso en vez de controlar a los trabajadores en la línea de producción.

### Método de los Tiempos de Carestía

Al tratar el problema de programación de operaciones en una línea, se supondrá que la línea produce con el fin de formar un inventario y se desarrolla una regla de programación que considere tanto los niveles actuales del inventario como las tasas de demanda futura. Si el inventario para un Producto determinado es bajo en relación con la demanda futura, ese producto será programado antes de los productos que tengan en inventarios relativos mayores.

El tiempo de carestía para el producto  $i$  se define como:

$$r_i = l_i / d_i \quad i=1, \dots, n$$

Donde:

$r_i$  = tiempo de carestía, semanas

$l_i$  = inventario, unidades

$d_i$  = demanda semanal, unidades

## REQUERIMIENTO DE MATERIALES

El objetivo al utilizar la planeación de requerimientos de materiales es evitar faltantes de inventario, de manera que la producción fluya adecuadamente de acuerdo con los planes y -predecir los niveles de inversión en los inventarios de materias prima y de trabajo en proceso.

La estrategia de Planeación y Requerimientos de Materiales (MRP) es tomar la lista de materiales que registra todas las partes componentes,"" multiplicarla por la demanda para generar los requisitos totales de partes y materiales, revisar estas cantidades contra inventarios actuales y trabajo en - proceso y ajustar el programa de acuerdo con ello.

El concepto general de MRP genera respuesta a las siguientes preguntas:

-¿Cuántas partes componentes y materiales deben ordenar?

-¿Cuándo deben ordenarse las partes componentes y materiales para que lleguen a tiempo al proceso y montaje?

-¿Cuál es el efecto sobre los inventarios de los cambios de la demanda de los clientes de los programas de producción actuales, las entradas y salidas planeadas en el inventario?

-¿Qué tipo de programa puede desarrollarse para que este de acuerdo con el plan de producción agregada a la empresa?

-¿Cuándo debe programarse?

## CONCEPTO DE PLANEACION DE REQUERIMIENTOS.

LISTA DE MATERIALES. Éste documento esta constituido en forma tal que refleje el proceso de manufactura y pueda mantenerse en un archivo computarizado.

Un insumo importante para el MRP es la lista de materiales que muestra la dependencia de ciertos componentes en sub ensambles, los que a su vez dependen del producto final. En los sub ensambles pueden contener otros sub ensambles y así sucesivamente.

Ejemplo:

Lista de materiales para la mesa cuadrada del ante comedor número 1-80

1 Mesa de servicio cuadrada	# 1- 80
1 Subensamble de cubierta	# 12
1 Cubierta de aglomerado	# 4
4 Laterales de madera	# 8
12 Tornillos para madera	# 9
1 Cubierta de formaica	# 3
4 Laterales de formaica	# 2
6 Onzas de pegamento de contacto	# 10
4 Subensambles de patas	# 1
2 Tubos de 3'de longitud	# 13
2 Abrazaderas de metal	# 5
2 Onzas de pintura	# 6
1 Pata de plástico	# 7
16 Tornillos para madera	# 11

El sistema MRP comprende la interacción de información de cuatro fuentes:

-Pedidos de los clientes -Pronóstico de demanda

-Cambios de inventarios -Cambios de ingeniería

Los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda *proporcionan* información para la planeación de la producción de la demanda agregada y generan el programa de producción maestro. Los cambios en inventarios crean nuevos niveles en el sistema del estado del almacén



en inventarios informando cuanto de cada artículo esta en el almacén. Los cambios de ingeniería reflejan la modificación en el diseño del producto, lo que cambia la lista de materiales. Estos cambios dan el nacimiento del programa maestro, estado de almacén en inventarios, lista de materiales.

Esta lista es denominada de identidad por la dependencia de las partes y componentes contenidos en la misma.

El producto final es el primero de la lista precedido por - el número 1 y los números que preceden al material indican la cantidad de dicho artículo para la unidad del art. del cual depende.

## PROYECTOS DE GRAN ESCALA.

El enfoque principal de un proyecto tomado como un todo consistirá en la planeación de las actividades más importantes divididas en BLOQUES MAYORES y por lo tanto dar una cuidadosa atención en la interrelación que existe para que encajen entre si y logran el resultado deseado.

Los bloques pueden ser componentes del producto pero en sí éstos pueden ser un producto terminado, esto se debe a la magnitud del proyecto.

Por lo anterior se debe guardar una gran interdependencia entre el tiempo en que será necesario el bloque para el proyecto y la marcha del mismo, pues un retraso en algún bloque afectaría el resultado final del proyecto

Por su complejidad utilizamos técnicas de planeación de redes como PERT (Técnica de Evaluación y Revisión de Resultados) y CPM (Método de la Ruta Crítica).

El método PERT se basó en estimaciones probabilísticas de los tiempos de duración de las actividades.

El CPM supone tiempos de realización de actividades constantes o determinadas.

A partir de un plan básico pueden calcularse fácilmente los datos relativos a las fechas más próximas y más remotas tanto de iniciación como de terminación, la holgura disponible entre las actividades y la ruta crítica.

Para llevar a cabo el desarrollo del método PERT debemos seguir los siguientes pasos:

-Análisis de actividades se listan las actividades que componen al proyecto.

-Elaboración del diagrama de flechas, se considera la relación de precedencia o prioridad entre las actividades y para poder relacionarlas adecuadamente debemos preguntarnos?

1. ¿Que actividades deben terminarse antes de que pueda iniciarse una actividad dada?

2. Que actividades pueden realizarse en paralelo.

3. Como regla debemos tener en cuenta que dos actividades no pueden salir de un mismo nodo y terminar las dos en uno igual.

Las actividades ficticias se emplean para que en cuanto se nos presente un problema de que dos actividades salen de un mismo nodo y se dirigen a otro, por medio de estas arreglar de tal forma que se ocupen dos nodos de terminación.

-Numeración de los nodos, cada actividad se identifica por su número de cola (i) y por su número de cabeza (j) los nodos se han numerado en tal forma que para cada actividad sea siempre i menor que j. Los números asignados a cada flecha son progresivos y no se permite que haya regreso alguno por la red. Esta convención sobre la numeración de los nodos es efectiva en el cálculo de programas para desarrollar las relaciones lógicas de la red y para evitar que haya circuitos cerrados en la misma o reciclaje.

Si se presenta una actividad avanzando hacia atrás en relación al tiempo se tendría un circuito cerrado lo cual produce un ciclo sin fin en la computadora, una de las propiedades de un diagrama de red construido correctamente es que no sea cíclico.

Programación por ruta crítica.

Al terminar el diagrama de flechas, es sencillo obtener los datos importantes para cada actividad que son las fechas más tardía, más temprana tanto de iniciación como de terminación la holgura disponible y con esto trazar la ruta crítica.

La ruta crítica nos indica las actividades que no tienen holgura por lo tanto son las más importantes y las que deben tener mayor atención puesto si nos descuidamos un poco en el tiempo que están consumiendo nos atrasa todo el proyecto.

Fechas primeras de iniciación y de terminación, si se toma cero como fecha de partida o de iniciación entonces para cada actividad habrá una fecha primera de iniciación (FPT) relacionada a la fecha de iniciación del proyecto, es la fecha más próxima en la que puede iniciarse la actividad, suponiendo que también se hayan iniciado las actividades predecesoras entonces para esa actividad su fecha primera de terminación (FPT) será simplemente  $FPT + DURACION DE LA ACTIVIDAD$ .

Suponemos ahora que se tiene una fecha límite para la terminación del proyecto, a esta actividad la llamamos FUT que es la fecha más remota en la que puede iniciarse una actividad si se ha de cumplir con la fecha límite de terminación del proyecto, en consecuencia FUT para la actividad final es igual a  $FUT - duración de la actividad$  y como la actividad de terminación requiere de un tiempo cero  $FUT = FUT$ .

### NIVELACION DE RECURSOS

Tiene por objeto reducir los costos de mano de obra ociosa de contrataciones y despidos o de cualquier recurso al que pueden afectar las fluctuaciones de su demanda

En el caso de proyectos muy grandes se puede recurrir a un modelo de nivelación por computadora, se suele utilizar la metodología de simulación para generar soluciones alternativas. La solución inicial podría ser el calendario de iniciación temprana y un primer intento de nivelación podría fijar entonces un máximo del recurso en cuestión justo por debajo del nivel máximo registrado para el plan preliminar, el programa de simulación podría proseguir luego como lo indica el diagrama de flechas iniciando todas las actividades que salen del nodo I, vigilando continuamente la cantidad de recursos utilizados y disponibles a medida que avanza el calendario y se completan algunas actividades, los recursos se vuelven a la concentración de los disponibles: conforme se inician actividades nuevas, se reiteran recursos de una concentración temporalmente agotada, según los criterios de decisión que utilice el simulador, la actividad se puede demorar, aún más allá de su tiempo de última iniciación, hasta que haya recursos disponibles, otros criterios de decisión chocan - con los trabajos no críticos y reasignan recursos al trabajo demorado cuando se llega el tiempo de iniciación más tardía. El efecto de iniciación se realiza mediante una reducción progresiva de los límites de recursos en tal programa de simulación, hasta que se logra una distribución satisfactoria de los recursos.

### REDES PROBABILISTICAS

Por la magnitud de los proyectos tenemos que la ruta crítica era una ruta crítica probabilística y los calendarios de todas las actividades reflejaban la incertidumbre de los tiempos de las actividades.

Se elaboran tres estimaciones de tiempo para cada actividad como base para la especificación de las distribuciones de probabilidad de los tiempos de las actividades, estas estimaciones son:

1. Tiempo optimista; es el tiempo más breve posible en que se puede ejecutar la actividad si todo marcha bien
2. Tiempo pesimista; es el tiempo más largo que debe llevar la realización de una actividad bajo condiciones adversas pero descartando causas de fuerza mayor.
3. Tiempo más probable; es el valor de la distribución.

El algoritmo de computación del PERT reduce estas tres estimaciones de tiempos en una sola estimación promedio, la media de una distribución beta. Las estimaciones de la media y la varianza de la distribución se pueden computar mediante:

$$\bar{x} = 1/6 (A + 4B + C)$$

$$s^2 = 1/6 (B - A)^2$$

### **SISTEMAS DE SERVICIO y SISTEMAS QUE NO SON DE MANUFACTURA.**

Los servicios a comparación de los productores de bienes, son intangibles por naturaleza, ya que no se almacenan ni transportan, las anteriores y las siguientes características son las diferencias entre los servicios y los bienes tangibles:

- Capacidad de inventarios. Un servicio se puede considerar como un producto extremadamente perecedero, no se le puede almacenar como inventario para utilizarse en el futuro. Por lo que un productor de bienes puede utilizar su capacidad actual para producir un inventario de bienes que se consumirán en periodos futuros.
- Calidad. Como el servicio es intangible, los clientes potenciales no pueden apreciar la calidad antes de que se les brinde el servicio.
- Dispersión. Los servicios se producen en el punto de consumo en cambio los productos pueden ser llevados a diferentes lugares de donde se producen.
- Mercadotecnia y operaciones. Aunque los bienes son Resultados de la producción, los servicios generan una Porción significativa del PNB, los servicios basados en equipo tienden a ser más predecibles y mediales por lo tanto más sujetos a control.

Como la mano de obra, maquinaria, equipos, herramientas materia prima, insumos y recursos técnicos involucrados en una forma precisa.

#### **CLASIFICACION DE LA TECNICAS PARA PRONISTACAR.**

##### **POR SU DURACION:**

- A corto plazo; se emplean para la planeación operativa hasta un año,
- Mediano plazo; se emplean en la planeación táctica, hasta tres años,
- Largo plazo; planeación estratégica, de tres a cinco años **SEGUN LA TECNICA EMPLEADA:**
- Técnica cualitativa
- Técnica causales
- Técnica cuantitativa

Las técnicas cualitativas se basan en el juicio, conocimiento y experiencia de uno o varios especialistas que debido a su trayectoria están en posición de dar una opinión autorizada acerca del comportamiento de la demanda para un producto en un período determinado.

Debido a que éstas técnicas utilizan aspectos subjetivos, la aplicación de ellas se justifica cuando se carezca de datos horizontales que aporten información suficiente respecto a la proyección futura de la demanda; ejemplo el lanzamiento de un nuevo producto o línea.

##### **TECNICAS CUALITATIVAS:**

- Método Delphi ; se basa en la opinión de un grupo de expertos para la obtención de un pronóstico, respondiendo aun cuestionario previamente elaborado por el gerente comercial o de ventas, director o dueño, en esta primera reunión tenemos información que posteriormente será procesada estadísticamente y con esta se hará una retroalimentación al grupo, en la segunda reunión se pide a los expertos que reconsideren su opinión inicial repitiendo el procedimiento varias veces hasta que se logra una convergencia de opinión adecuada.

Cada respuesta es anónima para que el resultado no se vea incluido por presiones de autorizada ficticia o de mayoría. Una vez concluida la última vuelta los resultados tabulados constituyen un pronóstico.

## INSPECCION POR ATRIBUTOS.

Se debe instruir al personal que vaya a emplear las tablas, sobre la forma de seleccionar sus muestras.

1. Selección al azar. El sentido común indica que para que una muestra sea fiel representativa de la calidad desconocida de un lote, se necesita que las unidades que forman esa muestra, se elijan sobre la totalidad del lote, en consecuencia las piezas de la muestra deben ser seleccionadas de tal forma, que cada unidad del lote tenga la misma oportunidad de poder ser elegida.

2. En un Lote Homogéneo, siempre que sea posible, el lote del cual se debe de seleccionar la muestra, consistirá en que fueron hechos bajo las mismas condiciones de manufactura y provengan del mismo origen de fabricación.

Esto es de suma importancia para fines prácticos, más bien que para fines estadísticos. Por ejemplo, una muestra seleccionada de los lotes enviados a la fábrica por dos vendedores puede representar una calidad satisfactoria de la combinación de los dos lotes, esta situación puede presentarse solo porque la calidad de las piezas de uno de los vendedores es mucho mejor que la requerida y la calidad de las piezas del otro vendedor sea muy inferior a la requerida. La muestra combinada puede ocultar esta importante diferencia en las remesas de los dos vendedores.

TAMAÑO DEL LOTE, en esta columna se consideran varias zonas para los tamaños de los lotes que comprende la tabla, si se necesita decidir sobre el tamaño del lote, esto se hará del material que tenga el mismo origen.

Mientras mayor sea el tamaño del lote, menor es el porcentaje de los artículos que deben comprobarse, sin embargo aún cuando debe seguir este procedimiento cuando sea necesario mezclar materiales de orígenes diferentes, como excepción a esta regla, se tendrá el caso en que no exista información sobre el origen de un lote o cuando por la experiencia práctica se demuestre que resulta satisfactorio mezclar los lotes.

TAMAÑOS DE LA PRIMERA y SEGUNDA MUESTRA, cuando se ha elegido el tamaño del lote, el tamaño correspondiente de la muestra para ese lote en particular, se encuentra horizontalmente a la derecha, la línea marcada "primera muestra" indica el número de unidades que se deben de tomar del lote para su examen, si las condiciones de la tabla indican que se debe de tomar una segunda muestra, su tamaño correspondiente se encuentra en la línea marcada "segunda muestra II

NIVELES ACEPTABLES DE CALIDAD (inspección normal), se encuentran inscritos en la tabla 16 niveles del NCA, ascendían desde 0.010 hasta 10%, cada uno de los valores del NCA va asociado con el número de defectos que se pueden tolerar en la primera muestra (representado por Ac) y por el número de defectos para el rechazo de ambas muestras la primera y la segunda (representado por Re).

## PROCEDIMIENTO:

a) se elige el NCA

b) Se selecciona la primera muestra que indica la tabla, para el tamaño correspondiente del lote.

1. Si el número de unidades mal conformadas encontradas en la primera muestra es igual o menor que el primer número de aceptación Ac, acepta el lote.

2. Si el número de unidades mal conformadas encontradas en la primera muestra es igual o mayor al primer número

3. Si el número de unidades mal conformadas en la primera muestra está entre el primer Ac y Re, se inspecciona segunda muestra

4. Determine en la segunda muestra el número de unidades mal conformadas.

c) Sume el número de unidades mal conformadas encontradas en la primera y segunda muestra.

1. Si el número acumulado de unidades mal conformadas es igual o menor que el segundo Ac se acepta el lote

2. si el número acumulado de unidades mal conformadas es igual o mayor que el segundo Re se rechaza o inspecciona el 100%.

## INSPECCION POR MUESTREO.

Cuando la calidad en los lotes de la inspección normal ha - demostrado requerir un control mas estrecho, un plan de inspección severo de muestreo puede instituirse por período.

Clásicamente, la inspección severa de muestreo se implementa y sigue bajo las siguientes condiciones:

A. Los cinco lotes precedentes han estado bajo inspección normal y se han rechazado dos. (Esto incluye lotes o paquetes que se hayan reinspeccionado)

B. La inspección severa continuará hasta que los cinco lotes o paquetes consecutivos se hayan considerado aceptables en la inspección original.

C. en el caso en que 10 lotes o paquetes consecutivos permanezcan bajo inspección severa (o cualquier otro número de lotes designados por el programa de calidad), el número de aceptación bajo cualquier circunstancia deberá de continuarse hasta que la acción correctiva haya corregido la calidad del material suministrado.

## MLTSTD- 105 D.

Otro plan de aceptación variable, ANSI/ASQC ZI.9 ( 1980) es una revisión del MLTSTD 414 y de su versión civil esencialmente equivalente designada ANSI ZI.9 ( 1972)., esta designado para seguir de cerca el plan de muestreo usando el enfoque MLTSTD 105D.

Aunque los planes de muestreo básico del ANSI/ASQC ZI.9(1980) son similares a los del 414, el estándar en sí difiere considerablemente en estos estándares previos, la versión civil = previa que fue designada ANSI ZI.9 (1972.es estrechamente relacionada y alimentada a las tablas 105 D. las reglas de cambio es decir entre el muestreo normal, reducido y severo son similares entre el ZI.9 (1980) y el 105 D.

## COSTOS DE CALIDAD.

**COSTOS INDIRECTOS DE CALIDAD**, representan aquellos costos de calidad que están escondidos en otros costos del negocio. Es importante identificar estos costos para así poder reducirlos y controlarlos.

Un ejemplo de estos costos es la calidad del producto de nuestros proveedores ya que si tenemos problemas en un lote de materia prima nuestros productos serán defectuosos en un porcentaje alto o en su totalidad.

Los costos de calidad intangibles y costos de exposición a demandas legales, son asociados a la confianza que el cliente tenga para con nuestros productos y el servicio que le brindemos al cliente. Ya que si nuestra campaña publicitaria ofrece un producto con ciertas características y beneficios, descuentos o promociones y no son respetados en su totalidad tal y como los estamos ofreciendo entonces tenemos problemas de tipo legal que nos acarrearían que las ventas bajen que el cliente desconfíe de nuestra marca y legalmente podría entablarse un juicio por no haber cumplido lo ofrecido y los costos se incrementan.

Los costos de equipo de calidad se refieren al capital y mantenimiento del equipo especializado para medir la calidad del producto y de la maquinaria y los costos por mantenimiento para que nuestros utensilios para medir la calidad estén siempre en buen estado.

## MANTENIMIENTO y CONFIABILIDAD.

La administración de la producción debe tener muy encuentra la optima confiabilidad del sistema productivo, esto es si solo se conservan funcionando las máquinas en cualquier Momento pueden descomponerse y esto trae como consecuencia - tiempo ocioso de maquina, perdida de ventas potenciales, mano de obra directa e indirecta ociosa, demoras en los procesos pues la máquina descompuesta es la que provee de materia prima al siguiente proceso, aumento de desperdicios, de- mora en la entrega, todo esto puede considerarse como un problema de conservación de la confiabilidad del sistema productivo.

En general, es posible conservar y mejorar esta confiabilidad tomando en cuenta las siguientes medidas:

1. Aumentando el tamaño de las instalaciones y cuadrillas de reparación de modo que el tiempo medio de descompostura de máquina disminuya.

2. Utilizando un mantenimiento preventivo cuando sea factible (reponer las piezas antes de que fallen) La ventaja de este mantenimiento radica en la relación entre el tiempo de mantenimiento preventivo y el de reparación. .

3. crear márgenes de libertad en etapas críticas del sistema para contar con rutas paralelas disponibles.

4. Haciendo. Más confiable los componentes individuales de una maquina o las maquinas de un sistema mediante mejoras en el diseño de ingeniería.

5. Conectando las etapas sucesivas del sistema productivo mediante inventarios entre las operaciones.

El logro de una confiabilidad mayor por cualquiera de estos medios es costoso; en consecuencia solo se puede justificar en la medida en que sus costos se vean contrarrestados por disminuciones del costo de la mano de obra, el desperdicio, ventas perdidas, etc...

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO.** Es la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas.

Tiene como finalidad disminuir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva resultantes de negligencias.

Un programa de mantenimiento preventivo debe incluir:

1. Una inspección periódica de las instalaciones y equipo para descubrir situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial,

2. el mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a ser graves.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

-Menor tiempo perdido como resultado de la disminución de tiempo perdido por descomposturas de la máquina.

-Mejor conservación y duración de las instalaciones y maquinaria.

-Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo bajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido, en lugar de hacerlo al momento de surgir un desarreglo.

-Menos reparaciones en gran escala menor costo por descomposturas

-Menos ocurrencia de productos defectuosos, repeticiones y desperdicios

-Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerado

-Mejores condiciones de seguridad

## DISTRIBUCION DE TIEMPO DE DESCOMPOSTURA

Las distribuciones de tiempo de las descomposturas indican la frecuencia con que las máquinas tienen un rendimiento sin el mantenimiento por un número dado de horas de operación y por lo general se representan como distribuciones de la fracción de descomposturas que excede un tiempo de corrida dado.

Estas distribuciones toman formas diferentes que dependen de la naturaleza del equipo de que se trate. Por ejemplo:

Una máquina sencilla con pocas piezas móviles tenderá a descomponerse a intervalos casi constantes después de la primera reparación, tendrá una variabilidad mínima en su distribución de tiempo de descompostura.

si la máquina fuese mas compleja, compuesta por gran variedad de piezas, cada una de las mismas tendría una distribución de descomposturas.

Cuando por cualquier causa todas estas distribuciones se agrupan en una sola distribución de tiempo de descompostura de la máquina se debe esperar una variación mayor debido a que la máquina podría descomponerse por muchas razones.

**CONFIABILIDAD.** Está definida por la vida útil del producto o la duración de su desempeño.

Una vez que se ha determinado la confiabilidad deseada para un producto surgen dos preguntas básicas de diseño:

-Que confiabilidad se requiere en cada uno de los subcomponentes?

-Que subcomponentes deben emplearse?

el producto final no se desempeña a menudo apropiadamente a no ser que sus subcoponentes funcionen de manera correcta. Tan pronto como uno o más de los subcomponentes fallan el producto final queda inhabilitado o su vida útil termina.

En estos casos la suma de la confiabilidad individual de los subcomponentes debe ser mayor que la deseada en el producto final. Esta situación se completa siempre que las probabilidades de falla de cada uno de los subcomponentes sean independientes entre sí.

La confiabilidad de un producto se expresa por lo general en términos de una probabilidad. Las probabilidad de que el sistema funcione exitosamente es igual al producto de las probabilidades de todos los subcomponentes. Entonces en la estrategia de diseño se especifica primero la confiabilidad que - se desea en el producto final.

**CALCULO DE LA CONFIABILIDAD. EJEMPLO:**

Supóngase que se desea fabricar un producto que tiene dos Subcomponentes., Se desea que el producto tenga una esperanza de vida útil de un año con un 0.90 de probabilidad. El producto funciona de manera adecuada únicamente en la medida en la cual lo hagan los dos subcomponentes. Una vez que falle uno o los dos el producto deja de funcionar. Que tan confiable " debe ser cada uno de los subcomponentes?

La tabla siguiente nos muestra los precios que debemos pagar a los proveedores que suministran los subcomponentes con diferentes niveles de confiabilidad.



**SUBCOMPONENTES****CONFIABILIDAD**

90	140 B	0.90	0.95 \$ 70	0.98 90	A 110	\$ 50
----	-------	------	---------------	------------	----------	-------

Aunque las tasas de falla de los subcomponentes son independientes el éxito del producto depende de que los dos operen exitosamente. Debido a que se desea un producto que tenga una confiabilidad de 0.90 se seleccionan aquellos subcomponentes que tengan cada uno, una confiabilidad del 0.90. El producto resultante satisficará los estándares de confiabilidad si el subcomponente A opera exitosamente durante un año y el subcomponente B también.

Cual sería el resultado de emplear los subcomponentes A y B si cada uno de ellos tuviera una confiabilidad de 0.98? Al multiplicar las probabilidades de los subcomponentes se encuentra la probabilidad total:

$$P = (0.98) (0.98) = 0.9604$$

Si A y B tuvieran una confiabilidad del 0.95 entonces:  $P = (0.95) (0.95) = 0.9025$

Las dos opciones anteriores satisficaría o excederían la confiabilidad deseada. Es importante notar que a medida que aumenta el número de subcomponentes en el sistema, la confiabilidad de cada uno de ellos debe ser mayor si se espera alcanzar la del producto final, Como se dejo dicho anteriormente estas mayores exigencias únicamente se obtienen por lo general con un mayor costo en los subcomponentes, en la medida como aumente el estándar de confiabilidad del producto los costos de suministrar un producto con esas características pueden crecer de manera dramática.

¿Cuál de las versiones de A y B debe usarse en el producto final? .Primero debemos identificar las combinaciones posibles de A y B que puedan satisficar la meta de confiabilidad total, luego se adopta la combinación A y B que tenga el menor costo.

**CONFIABILIDADES TOTALES**

	ALTERNATIVA		SUBCOMPONENTES	CONFIABILIDAD TOTAL
	A	B		
1	0.95	0.95	0.9025	
2	0.98	0.98	0.9604	
3	0.95	0.98	0.9310	
4	0.98	0.95	0.9310	
5	0.90	0.90	0.8100	insatisfactoria
6	0.90	0.95	0.9550	insatisfactoria
7	0.90	0.98	0.8220	insatisfactoria
8	0.95	0.90	0.8550	insatisfactoria
9	0.98	0.90	0.8820	insatisfactoria

## COSTOS PARA DIFERENTES GRADOS DE CONFIABILIDAD EN LOS SUBCOMPONENTES.

ALTERNATIVAS	COSTOS
1	$90 + 90 = 180$
2	$140 + 110 = 250$
3	$90 + 110 = 200$
4	$140 + 70 = 210$

Se seleccionaría entonces la alternativa I teniendo en cuenta para ello criterios económicos.

La evaluación de la forma en la cual las fallas de los subcomponentes pueden afectar la confiabilidad del sistema total ayuda en la evaluación de cambios alternativos en el diseño del producto.

## FRECUENCIA RELATIVA DE LAS FALLAS DE ACUERDO CON LA MUESTRA.

Una muestra puede dar la información que permita describir la naturaleza de un gran lote al cual representa.

Cuando la experiencia con un nuevo diseño esta limitada como normalmente sucede será necesario confiar en muestras representativas para obtener la base lógica sobre la cual se puedan predecir las fallas que se presenten. Por tanto la observación de muestra de N componentes tomados al azar de un gran numero de piezas similares, si nt de estos componentes presentan periodos de operación que terminan durante un período de tiempo t la probabilidad estadística de que se obtengan idénticos resultados con el resto de los elementos del grupo se define como la frecuencia relativa;

$$P_t = nt / N \quad (1)$$

En donde:

$P_t$  = probabilidad de fallas durante el período t

nt = número de unidades que han fallado durante el período t

N= Número total de elementos en la muestra

La duración prevista o requerida T se puede medir en diferentes formas, es decir tiempo total transcurrido, lapso de actividad, número de ciclos de operación, etc. A fin de obtener una medida par la confiabilidad la duración t se debe comparar con la duración requerida T.

La relación de confiabilidad entre un componente y el diagrama de frecuencias del número de veces de operación se puede- ilustrar empleando la suma de las áreas de todos los rectángulos, considerando que los 200 interruptores sean operados " hasta su destrucción y se hace igual a l esa área total; entonces la probabilidad o frecuencia relativa de una clase en particular de veces de operación -5000- 6000- operaciones

es igual al área del rectángulo que representa esta serie de operaciones; para el caso que estamos viendo corresponde al rectángulo con el número de 12. Esto equivale a tomar la frecuencia relativa  $n_t/N$  más bien que el valor de la ordenada  $n_t$ .

Tenemos también la frecuencia relativa de las fallas en el intervalo:

$$0 \leq T \text{ es } ( 20 + 18 + 16 + 14 + 13 + 12 ) / 200 = 0.465$$

Cuando  $T$  es igual a 6,000 operaciones, por tanto la probabilidad de que un interruptor falle durante las primeras 6,000 operaciones es  $P_t = 0.465$ ; inversamente la probabilidad de que un interruptor sobreviva a las primeras 6,000 operaciones será  $1.00 - 0.465 = 0.535$

Esto es:  $R_T = 1 - P_t = T = 1.0 - 1/N n_t$

Desarrollo de una curva continua suave y suma de las áreas.

En caso de que tuviéramos 1,000 interruptores en lugar de los 200 considerados y si la abscisa se subdivide en cientos de operaciones, resultarían 170 rectángulos delgados, aproximadamente su extremo superior a una curva suave. El límite de la forma hacia la cual tiende el diagrama de frecuencias cuando el número de observaciones y el número de las subdivisiones aumenta indefinidamente es en general una curva suave La frecuencia relativa  $n_t/N$  se aproxima a una función del tiempo  $f(t)$  de tal manera que :

$$R_T = 1.0 - \int_0^T f(t) dt$$

Cuando el número de observaciones aumenta indefinidamente la suma integral de un área en particular bajo la curva para este caso 0 a  $T$  se calcula por medio de la función de densidad de la probabilidad, que se reconoce como la integral definida para un intervalo específico sobre el eje de la variable independiente, el área bajo la curva de distribución; de frecuencias.

Intensidad de fallas resultante de una función exponencial de la densidad de probabilidad.

Una intensidad de falla constante puede identificarse bajo ciertas condiciones durante un período de vida de una unidad

para aquellas unidades que son tan complejas que puedan ofrecer fallas en los mecanismos con intensidades diferentes. Si aproximadamente un porcentaje igual de piezas continua con - vida al iniciarse cada intervalo de tiempo, fallan durante ese intervalo la intensidad de fallas será constante.

La función exponencial de la densidad de probabilidad, que representa la situación de una intensidad constante de fallas da como resultado una curva de frecuencias representada por la fórmula:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Si esta función se sustituye en la ecuación  $R_T = 1.0 - \int_0^T f(t) dt$  tenemos:

$$RT = 1.0 - le \quad dt = 4$$

En la que:

T = a la vida requerida

dt= el tiempo medio de fallas (TMDF) algunas veces expresada como tiempo medio para la primera falla (TMPF) e= una constante ( 2.7183 )

La determinación directa de la confiabilidad por la intensidad de fallas podemos obtenerla de la siguiente manera;

La intensidad de falla por definición, es la recíproca del TMDF y se puede sustituir en la última ecuación dando como resultado:

$$RT = e$$

A pesar de que esta forma de fallas se encuentra con mucha frecuencia existen otras funciones de densidad que son más adaptables a las formas que se han encontrado en la práctica entre las que podemos considerar:

1. La Normal

2. La Gamma

3. La Weibull

## **FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE METODOS DE TRABAJO.**

### **RESTRICCIONES:**

- Diseño de producto
- Cuotas de producción
- Ritmo de trabajo del equipo
- Procesos

### **CRITERIOS y PRESIONES:**

- Economía
- Especialización de tareas
- Agrandamiento de tareas
- Uniformar los niveles de habilidad Contenido de las tareas
- Métodos de trabajo

### **OTROS INSUMOS:**

- Datos psicológicos -Datos fisiológicos
- Principios de flujo de trabajo

-Datos sobre la fatiga y calendarios de trabajo.

## CARTA (GRAFICAS DIAGRAMAS) DE ENSAMBLE O DE GOZINTO DE UN PRODUCTO.

Es un modelo esquemático de todo el proceso de manufactura a un nivel de información y detalle.  
(“GOES INTO ” = "ENCAJA - EN" .EXPRESION INGLESA )

### SIMBOLOS UTILIZADOS:

-Transporte	-Operación
-Inspección	-Demora
-Almacenamiento	

### UTILIDAD:

-Imaginar el flujo de materiales	-Las relaciones de las piezas
-Donde fluyen al proceso de ensamble	
-Que piezas componen los subensambles	
-Donde se usan las piezas compradas en la secuencia del ensamble	

## ANALISIS HOMBRE -MAQUINA

Su objetivo principal es la obtención del rendimiento máximo del hombre y la máquina. Ayuda a identificar el tiempo ocioso y los costos.

### VENTAJAS:

- Demuestra nuevos métodos de trabajo cuando las actividades de varias personas y máquinas están interrelacionados
- Aclara las demoras inevitables que sufren los trabajadores y las máquinas
- Ayuda a la mejor utilización de los recursos
- Especifica el tiempo de ciclo general de un sistema de trabajo con actividades múltiples y esto viene a ser la base del tiempo estándar.

## DISEÑO y MEDICION DEL TRABAJO

Es la estructura conciente del contenido y los métodos del esfuerzo de trabajo.

Nos referirnos al QUE; COMO; CUANDO; DONDE y QUIEN.

MEDICION DEL TRABAJO: Es la calificación asignada a una actividad.

ESTANDARES DE MANO DE OBRA: son declaraciones sobre la cantidad de tiempo aceptable empleada en una actividad especifica a una tasa sostenida, con métodos Establecidos en condiciones normales.

### SISTEMA PARA ESTABLECER ESTANDARES:

- Métodos Históricos (EXPERIENCIA)

- Estudios de tiempos
- Estándares predeterminados de tiempos
- Muestreo de trabajo

## **DISEÑO DE PROCESOS, TRABAJOS E INSTALACIONES. -**

*La competitividad y rentabilidad de una empresa dependen en parte del diseño y la calidad de los productos o servicios que produce y del costo de producción. El diseño del sistema productivo depende en gran medida del diseño de los productos y servicios que este genera. El diseño del producto y servicio dependen parcialmente del diseño del sistema productivo y viceversa.*

Diseño y Prediseño: El proceso de diseño es iterativo (nunca termina). Los usuarios alimentan nueva información y se - descubren formas para mejorar los diseños que reducen los costos y mejorar la calidad.

### **DISEÑO MODULAR:**

Si el mismo componente o subensamble puede ser usado en distintos productos o en una familia de productos. Los costos de producción pueden reducirse de esta manera, un diseño modular es una forma de ofrecer una mayor variedad de productos manteniendo el número de componentes y subensambles en un número razonable. Para los componentes modulares pueden aprovecharse las ventajas que resulten del volumen y de las curvas de experiencia I por lo que al mismo tiempo se ofrece una variedad - de productos en el mercado.

La idea básica es desarrollar una serie de componentes básicos de productos (módulos); los cuales puedan ensamblarse de tal forma que se produzca, un gran número de productos diferentes.

### **DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN LA PLANTA**

Su objetivo es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con calidad y al menor costo posible.

La distribución del equipo en un sistema de producción contiene las tarjetas de operación; control de inventarios; manejo de materiales; programación recorrido y despacho del trabajo.

### **TIPOS DE DISTRIBUCIONES:**

En general toda distribución corresponde a uno o a la Combinación de dos tipos básicos de distribución, rectilíneo o por producto y el funcional o por proceso.\_

#### **RECTILINEO Y POR PRODUCTO**

Este tipo de distribución es en ciertos Procesos de producción en masa, ya que los costos de producción por manejo de materiales es enorme que cuando se tiene la agrupación de maquinaria por proceso.

Una de las principales ventajas de la tecnología de grupos es la utilización de agrupamientos por producto. Esta distribución necesita una mayor inversión. Debido a las dobles líneas de servicio; aire; agua; aceite y energía eléctrica a su vez que al espectador da la impresión de desorden.

La distribución por proceso o funcional es la agrupación de instalaciones o máquinas semejantes, esta distribución da un aspecto de orden y limpieza fomentando el cuidado local, a su vez facilita el adiestramiento a un operario novato.

La desventaja es el recorrido de trabajos que requieren operaciones en diversas máquinas a la vez que el papeleo para expedir órdenes y controlar la producción entre las secciones es muy grande.

Independientemente de la combinación de agrupamiento por proceso o por producto, el analista debe tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Producción en serie o masiva en línea recta: el material puesto a un lado debe estar en condiciones de entrar a la siguiente operación.
2. Producción diversificada; la distribución debe permitir costos, traslados entregas del material debe estar al alcance del trabajador
3. Acceso: el operario debe tener fácil acceso visual a las estaciones de trabajo.
4. El diseño de la estación debe permitir a los operadores cambiar de posición regularmente.
5. El equipo debe estar agrupado alrededor del operario
6. Las áreas de almacenamiento tienen que estar dispuestas de modo que se aminore la busca y el doble manejo o manipulación
7. Los sitios de servicios deben estar cerca de las áreas de producción
8. En las oficinas debe haber una distancia de separación de por lo menos 1.5 m. entre los empleados.

## ANALISIS CAPACIDAD DE UN SISTEMA PRODUCTIVO ---

La capacidad es la característica de una unidad productiva para producir en un periodo determinado esto es la relación de unidades producidas por unidades de tiempo. Aquí interviene la capacidad utilizada y si esta debe ser aumentada por medio

de tiempo extra, el número de turnos maquila etc.. Estas fuentes alternativas de capacidad proporcionan una flexibilidad en la elaboración de los planes de capacidad.

## MEDIDAS DE CAPACIDAD.

La medición puede dividirse en tres tipos:

1. Cuando las unidades producidas son relativamente homogéneas
2. Cuando las unidades producidas son más diversas

### 3. Valor de la mano de obra

#### EJEMPLOS:

TIPO DE MEDICIÓN	TIPO DE ORGANIZACION	MEDIDA DE CAPACIDAD
1	Planta automotriz	No. de autom6viles
1	Planta acerera	Toneladas de acero
1	Planta cervecera	Cajas de cerveza
2	Planta de energía	Megawatts
2	Aerolínea Millas,	asientos disponibles
2	Hospital	Camas, días disponibles
2	Cine	Asientos, función disponibles
2	Restaurante	Asientos y consumo disponible
3	Taller de maquinada	Mano de obra
2	Escuela	Lugares disponibles

#### PREDICCIÓN DE REQUERIMIENTO DE CAPACIDAD FUTURA

Resulta difícil elaborar pronósticos a largo plazo ya que están influenciados: por diferentes agentes como La situación competitiva, las recesiones, las guerras, los embargos las innovaciones

Cuando se han identificado las brechas de capacidad pueden considerarse los planes alternativos lo cual involucra el tamaño la candelarización de la capacidad agregada el uso de tiempo extra, turnos múltiples, fuentes externas de capacidad, la absorción de ventas perdidas, la localización de una nueva capacidad.

LOS efectos en los costos de utilizar fuentes alternativas de capacidad son la contrapartida de algunos costos derivados de tener capacidad no utilizada.

Se tiene un particular interés en el comportamiento de los costos en los límites de capacidad del primer y segundo turno dado que esta es la condición que prevalece cuando se añade capacidad. Cerca de los límites de capacidad los, costos variables aumentan como resultado de la utilización de tiempo de subcontratación debido a la congestión de las instalaciones al ser usadas al máximo.

#### SISTEMAS DE SERVICIO

Mientras la manufactura produce bienes tangibles que pueden ser medidos, almacenados y consumidos en una fecha posterior la mayoría de los servicios provee productos intangibles al ser producidos transfieren sus valores directamente al consumidor. En las actividades de servicio cuando el cliente es - un participante la producción y el consumo ocurren simultáneamente y no se acumulan inventarios.



Los servicios se enfocan en el flujo y atención dado a los clientes, por lo que tiempo de entrega, procedimientos y - condiciones ambientales adquieren más importancia. Son los - servicios, los clientes generalmente se vuelven parte integral del ambiente productivo, como en un hospital, sin embargo - existen acepciones como; reparación de autos y la representación legal.

Theodore Levit (1972) describió un enfoque para el suministro de servicios que denomina " el enfoque de línea de producción de servicios; la instalación de servicios se diseña - para minimizar errores. se automatizan varias etapas del suministro de servicio para reducir los costos y lograr la estandarización.

Levit utiliza la cadena McDonald's para ilustrar estos conceptos, hace notar el dispositivo especial de boca ancha que se desarrolló para llenar las bolsas de papas fritas en los niveles correctos y con mayor eficiencia, a su vez los insumos alimenticios se especifican cuidadosamente para asegurar la consistencia, los procedimientos de limpieza están por escrito, todo lo anterior lo hace estandarizar el servicio y- prestarlo en forma eficiente y controlada.

a diferencia del proceso de manufactura en la prestación de servicios el control de calidad esta enfocado al factor humano que presta el servicio quien debe estar bien motivado para que sea eficiente.

## APLICACION DE LOS MODELOS DE COLAS AL DISEÑO DE ~ LOS SISTEMAS DE SERVICIOS.

La teoría de colas es un enfoque cuantitativo (matemático) para analizar sistemas que impliquen líneas de espera o colas.

Las líneas de espera se forman aún cuando el sistema (instalación) tenga suficiente capacidad, en promedio, para manejar la demanda.

El objetivo del análisis de colas es evaluar el servicios y los costos de una instalación para maximizar su utilización esto generalmente resulta en reducir los costos asociados con el tiempo ocioso de las instalaciones o servicios y con el tiempo de espera de los empleados o clientes.

El problema típico de las colas implica un cuello de botella de alguna clase, se pueden analizar varios aspectos del cuello de botella utilizando la teoría de colas.

Los cálculos generalmente buscan prever:

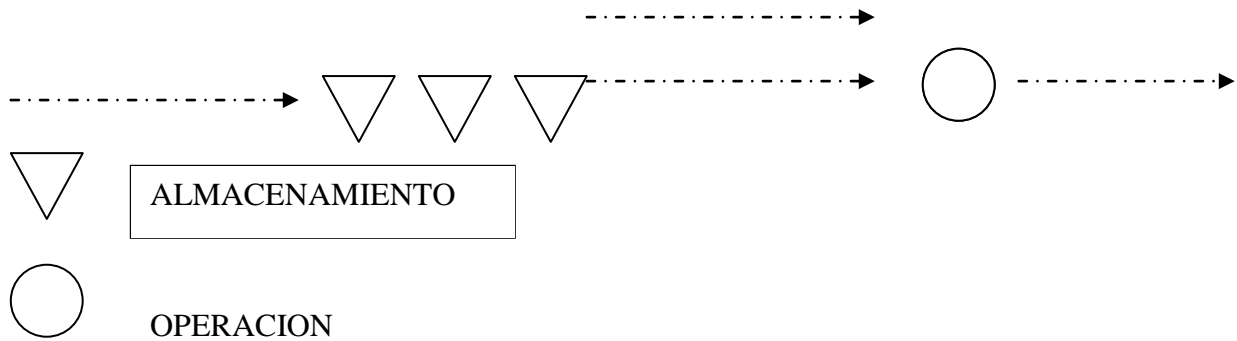
1. La utilización del sistema (% U) o tasa promedio de uso de la capacidad
2. Número promedio de (clientes en la cola  $N_q$  o en el sistema  $N_s$ )
3. Tiempo promedio de los clientes gastado en la cola  $T_q$  o en el sistema  $T_s$
4. Ocio relativo a la instalación y costos de tiempo de espera

Lo que los clientes tengan que esperar en la línea de espera para obtener el servicio depende de muchas cosas, uno de los factores importantes es el número de instalaciones de servicio o canales y de su secuencia. Este factor es de especial interés en el análisis del arreglo de la planta de servicio.

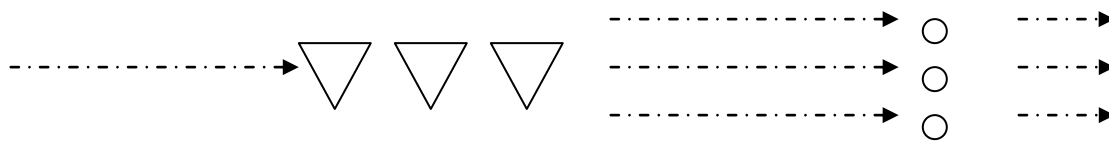
Existen cuatro tipos básicos de situaciones de espera que afectan al tiempo de espera de los clientes:

1. Un solo canal, caso de servicio de una fase
2. Canal múltiple, caso de fase sencilla
3. Un solo canal, caso de fases múltiples
4. Canal múltiple caso de fases múltiples

La situación mas sencilla se conoce como un solo canal, caso de servicio de una sola fase, en este caso los clientes llegan y se forman en una sola línea o cola esperando el servicio. Un buen ejemplo de esta es el único mostrador de salida en una pequeña tienda de abarrotes, en forma esquemática este arreglo podría aparecer:



Otra situación se conoce con el nombre de Varios Servicios, Caso de Una Sola Fase, en el cual el número de instalaciones de servicio es de más de una y es posible que los clientes - que van llegando formen varias líneas de espera para obtener el servicio, no está implicada ninguna secuencia en las instalaciones de servicio, estos casos los podemos observar en los diversos mostradores de salida en los autoservicios y las cajas (ventanillas) en los bancos. Su forma esquemática aparecería de la siguiente manera:

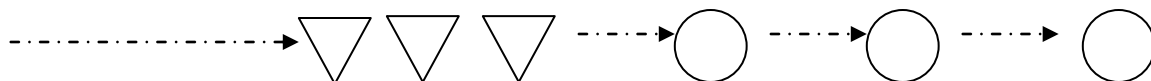


#### CANAL MULTIPLE, CASO DE FASE SENCILLA

El tercer tipo básico de una situación de espera es el llamado canal sencillo, caso de fase múltiple. En este caso los clientes no pueden elegir entre varias instalaciones de servicio, deben esperar ser atendidos por un solo canal o instalación de servicio, sin embargo, una vez que el cliente es atendido se mueve a estaciones de servicio secuenciales.

Ejemplo: La inscripción de un alumno; tiene que pasar por = diversas estaciones.

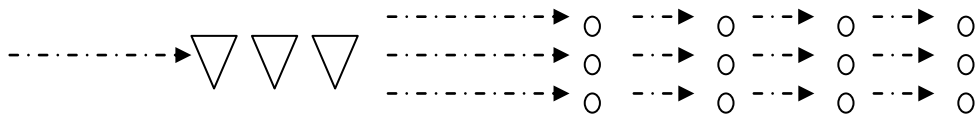
#### UN SOLO CANAL, CASO DE FASES MULTIPLES.



Por último el Canal Múltiple, Caso de Fases Múltiples, aquí los clientes pueden formar líneas de espera en varias instalaciones de servicio alternativas y después de ser atendidos en la estación inicial, pasa a la estación sucesiva. Este caso puede observarse en los hospitales donde se

reparte a 108 pacientes a diversos análisis para después canalizarlos con los especialistas correspondientes.

### CANAL MULTIPLE, CASO DE FASES MULTIPLES.



El analista del arreglo puede utilizar con eficacia la teoría de línea de espera para encontrar respuesta a las siguientes

Preguntas:

1. ¿Cuántos clientes estarán en la línea de esperar
2. ¿Qué tanto tendrá que esperar el cliente ser atendido?
3. ¿Cuántas instalaciones de servicio deben proporcionarse para Minimizar los costos y el tiempo implicado?
4. ¿Cuánto tiempo ocioso tendrán las instalaciones de servicio?

Estas respuestas nos proporcionan información para la toma de decisiones respecto a programas de llegada, rapidez de las instalaciones de servicio, el número de instalaciones y su ubicación.