



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc

Asignatura:

Administración de las Operaciones I

INC-1002

Carrera:

Ingeniería industrial

IIND-2010-227

Catedrático:

Salvador Genaro Vázquez Floriano.

Septiembre 2023



Índice

<i>Índice</i>	<i>i</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>iv</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>v</i>
<i>Introducción</i>	<i>1</i>
<i>Tema 1</i>	<i>3</i>
Sistemas de Producción.	3
1.1. Definición y concepto de los sistemas de producción.....	3
1.1.1. De bienes.	3
1.1.2. De servicios.	3
1.2. La evolución de los sistemas de producción.	3
1.2.1. La producción artesanal.....	4
1.2.2. La producción en masa.	5
1.2.3. La producción esbelta.....	5
1.3. Clasificación de los sistemas de producción.	6
1.3.1. Producto único.	6
1.3.2. Por Lote.....	6
1.3.3. Continua.....	6
1.4. Sistemas avanzados de manufactura.	7
1.5. Actividades principales de la administración de operaciones.	9
1.6. Estrategias de operaciones en un entorno global.....	9
Cuestionario de evaluación.....	10
<i>Tema 2</i>	<i>11</i>
Pronóstico de la demanda	11
2.1. Importancia estratégica del pronóstico.....	11
2.2. Características de la demanda.	11
2.3. Métodos cualitativos.	12
2.3.1. Consulta a la fuerza de venta.....	12
2.3.2. Jurado de opinión ejecutiva.....	12
2.3.3. Método Delphi.	12
2.3.4. Investigación de mercado.	13
2.3.5. Analogía de ciclo de vida.	13
2.4. Métodos cuantitativos.....	13
2.4.1. Series de tiempo.....	13
2.5. Pronósticos en el sector servicios.	24
2.6. Pronósticos para empresas en creación.	25
2.7. Uso de software en pronósticos.....	25
Cuestionario de evaluación.....	26

Tema 3	27
Planeación de la Capacidad	27
3.1 Conceptos generales	27
3.1.1 Definición de Capacidad	27
3.1.2 Capacidad efectiva	27
3.1.3 Capacidad diseñada	28
3.1.4 Capacidad nominal	29
3.2 Consideración sobre la capacidad	29
3.2.1 Economías de escala	29
3.2.2 Manejo de la demanda	31
3.3 Planeación de la capacidad	31
3.3.1 Diseño de la capacidad del sistema	32
3.3.2 Cálculos de los requerimientos de equipos	32
3.3.3 Calculo de los requerimientos de Instalaciones	33
3.3.4 Diseños de los procesos	39
3.4 Herramientas para la planeación de la capacidad	42
3.4.1 Modelos de líneas de espera	42
3.4.3 Simulación	46
3.5 Teoría de Restricciones	46
Cuestionario de evaluación	48
Tema 4	49
Administración de Inventarios	49
4.1 Definición y tipos de inventarios	49
4.2 Ventajas y desventajas de los inventarios	50
4.3 Administración de los inventarios	51
4.3.1 Tipos de costos	51
4.3.2 Clasificación ABC	51
4.4 Modelos de inventario determinísticos	53
4.4.1 Modelos de Cantidad Optima del Pedido	54
4.4.2 Modelo con Descuentos	59
4.4.3 Modelo de producción y consumo	62
4.4.4 Modelo con faltantes	66
4.5 Modelos de inventarios probabilísticos	71
4.5.1 Nivel de servicio e inventario de seguridad	72
4.5.2 Modelo de Cantidad Fija	73
4.5.3 Modelo de Periodo Fijo	75
4.6 Uso de software en inventarios	77
Cuestionario de evaluación	78
Tema 5	79
Administración de Almacenes	79
5.1 Funciones y manejo físico de los inventarios, recepción, organización, despacho, mantenimiento de los registros	79
5.2 Localización y distribución de almacenes	80
5.3 Selección de mobiliario y equipo de almacén	81
5.4 Sistemas Informáticos de administración de almacenes	83
Cuestionario de evaluación	85

<i>Bibliografía</i>	86
---------------------------	----

Índice de Figuras

Figura 1. 1 Esquema de un sistema de producción, (Riggs, 1994).	4
Figura 1. 2 Matriz del Producto y Proceso. Fuente: Japanese Manufacturing Techniques, video participants workbook, Management Research Corporation, Presented by Dr. Richard J. Schonberger.	5
Figura 1. 3 Toyota Headquarters, Toyota City.....	7
Figura 2. 1 Gráfica mostrando el índice poblacional de México y el pronóstico para el 2030. ...	19
Figura 2. 2 Diagrama de dispersión.	22
Figura 2. 3 Patrones para las Gráficas de Datos Y-X (Heizer, 2004).	22
Figura 3. 1 Sistema de producción desde el punto de vista de costos.	30
Figura 3. 2 Tamaño óptimo de una instalación (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).	30
Figura 3. 3 tiempos de procesamiento (Machuca, González, & Jiménez, 1995).	34
Figura 3. 4 Secuenciación 1 (Machuca, González, & Jiménez, 1995).	34
Figura 3. 5 Secuenciación 2 (Machuca, González, & Jiménez, 1995).	34
Figura 3. 6 tiempos de ejecución.	35
Figura 3. 7 Secuencia del Método Johnson plamada en una Grafica de Gantt.	36
Figura 3. 8 Capacidad de todo el sistema, en donde domina el cuello de botella.....	40
Figura 3. 9 Procesamiento de solicitudes de prestamo de First Community Bank.....	41
Figura 4. 1 Modelo de lote económico y como se abastece y gasta el inventario en función del tiempo.	54
Figura 4. 2 Costo total anual en función de los costos de mantenimiento y preparación.	55
Figura 4. 3 Modelo de Lote Económico EOQ.	56
Figura 4. 4 Modelo con descuento.	59
Figura 4. 5 Modelo de fabricación o “producción y consumo”.	63
Figura 4. 6 Modelo de Inventario con Faltante.	67
Figura 4. 7 Triángulos Semejantes de Modelos de Inventario con Faltantes	67
Figura 4. 8 Distribución de probabilidad de la demanda (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).	72
Figura 4. 9 Modelo de inventario de Revisión continua o Sistema Q (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).	73
Figura 4. 10 Modelo de inventario de revisión periodica P.	75

Índice de Tablas

Tabla 2. 1 Análisis del promedio móvil simple.	14
Tabla 2. 2 Uso de un promedio móvil ponderado con los datos de la Tabla 2.1	15
Tabla 2. 3 Población de México (Fuente: https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/)	18
Tabla 2. 4 Dependencia de Ingresos vs Edad.	21
Tabla 3. 1 Árbol de decisión (Heizer & Render, 2004).	44
Tabla 3. 2 Árbol de decisión resuelto (Heizer & Render, 2004).	45
Tabla 4. 1 Inventario para clasificar en el Sistema ABC.	52
Tabla 4. 2 Llenado por volumen y costo, Sistema ABC.	53
Tabla 4. 3 Clasificación de los inventarios ABC.	53

Introducción

La presente asignatura tiene la intención de favorecer el aprendizaje del estudiante que cursa la carrera de ingeniería industrial, ampliando su conocimiento hacia las actividades del piso de producción, actualmente llamadas administración de operaciones.

Cada uno de los temas tratados aquí incluyen el conocimiento básico de los sistemas de producción que difieren mucho en cada empresa. Por ejemplo, las empresas de maquinaria grande y pesada, por lo general tienen sistemas de producción en sitio fijo, es decir la maquinaria no se mueve del lugar de trabajo, asimismo hay sistemas de producción de maquinaria relativamente pequeña en dónde continuamente, dependiendo de las necesidades de la demanda, hacen flexible su sistema de producción adaptándose a la demanda el cliente. Hay algunos sistemas de producción que el producto pasa a través de un proceso donde se encuentran la maquinaria y los trabajadores, pero hay otros sistemas de producción en donde la gente, la maquinaria y todos los recursos se trasladan al lugar de producción, esto se verá en más detalle en el tema uno.

Obviamente en esta unidad o no se verán sistemas modernos de producción, como la producción esbelta y sus conceptos.

Esta asignatura, entre otros temas, también trata sobre los métodos de pronóstico de la demanda para planear la actividad futura de la empresa. “No se puede planear sin una base de pronóstico”, el alumno entenderá y analizará diferentes métodos de pronóstico y entenderá esto, porque es la base de la planeación.

Otro tema muy importante es entender la capacidad que tienen las empresas, máquinas, procesos etc., y sobre todo en los sistemas de producción en donde se producen atorones en el flujo de producción, llamados aquí restricciones o cuellos de botella. El alumno podrá tener un enfoque mucho más amplio una vez que esté en el entorno laboral. Y poder hacer una planeación de la capacidad.

Los inventarios es un tema muy importante en cualquier actividad de operaciones. El no saber administrar los inventarios, repercute en gran medida en los costos de operación de cualquier empresa, por el contrario, una buena administración de los inventarios representa ahorros muy significativos.

El tema de administración de almacenes es otra de las actividades sumamente importantes para cualquier empresa. En este tema se ve como se selecciona el equipo y manejo de almacén, se ve también el tipo de software que se usa para tener un mejor control de los inventarios en almacén y reducción de estos.

Esta es una asignatura de aplicación real, en donde se busca mejorar los sistemas de producción de bienes y servicios, a través de las enseñanzas del maestro, con ejercicios y prácticas. Es muy

recomendable que el estudiante atienda las visitas de empresas de manufactura para consolidar todo lo visto en clase.

Todos los conocimientos impartidos de esta signatura ayudarán en gran medida a la formación del ingeniero industrial, el cual debe adaptarse a cualquier empresa.

Tema 1

Sistemas de Producción.

1.1. Definición y concepto de los sistemas de producción.

1.1.1. De bienes.

La producción de bienes se puede definir como algo tangible, el producto se ve físicamente, con cualidades observables, como su buena calidad, o mala calidad, son productos físicos que se pueden ver, tocar, oler, y que pueden ser almacenados y que están disponibles para su venta.

Los bienes son todos los productos que consume el ser humano, productos que compra para su uso o para satisfacer necesidades de sus actividades empresariales, agrícolas, industriales, de construcción, aeroespaciales, educacionales, del hogar, etc.

Ejemplos: aviones, barcos, automóviles, fertilizantes, productos textiles, frutas y verduras, computadoras, teléfonos celulares, muebles para el hogar, maquinaria industrial, etc.

1.1.2. De servicios.

La producción de servicios son también productos de actividades, pero a diferencia de los bienes estos productos son intangibles, es decir, no se tocan, no tienen olor, sabor, no se pueden ver y no pueden ser almacenados. Sin embargo, si se pueden definir como de buena calidad o mala calidad.

También los servicios son productos que consume el ser humano, son productos que se compran y también buscan satisfacer las necesidades de actividades humanas o empresariales, agrícolas, industriales, de construcción, aeroespaciales, educacionales, etc.

Ejemplo de la producción de servicios, se encuentran desde asesorías de empresas o consultorías, despachos de contabilidad o finanzas, servicios médicos, educación, redes de telefonía o Internet, etc.

1.2. La evolución de los sistemas de producción.

Definición e Importancia

La producción es el acto intencional de producir algo útil. Esta definición de producción se modifica para incluir el concepto de sistema, diciendo que un sistema de producción es el proceso específico por medio del cual los elementos se transforman en productos útiles, (Riggs, 1994).

Un proceso es un recurso establecido para alcanzar la transformación de insumos en resultados. Los insumos son las entradas al sistema de producción, existen varios tipos de insumos, según (Riggs, 1994), “pueden ser materiales que al ser transformados por máquinas producen productos; si son datos como las encuestas o el censo poblacional en México, al ser interpretados se transforman en conocimientos, que sirven para planear estrategias gubernamentales; si el insumo es energía la habilidad para manejarla reproduce servicios como luz, electricidad etc.; pero si el insumo es un costo variable, debe pasar por costo fijo para ser transformado en ingreso”.

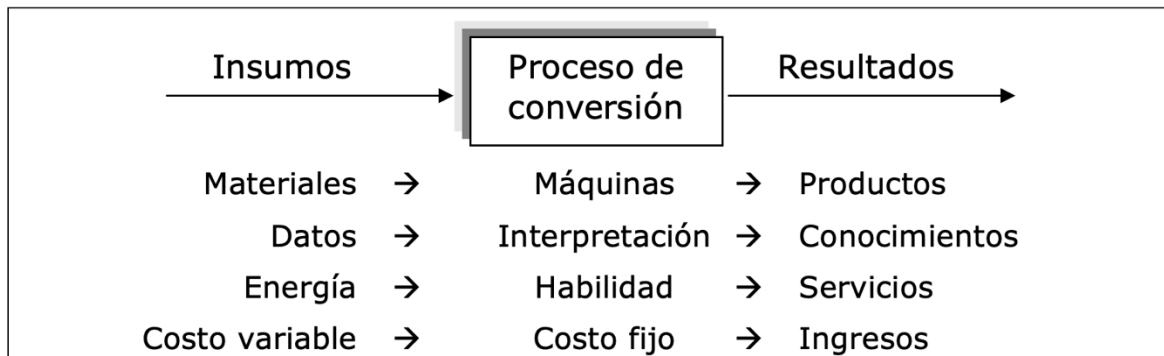


Figura 1. 1 Esquema de un sistema de producción, (Riggs, 1994).

1.2.1. La producción artesanal.

La especialización del trabajo es que una sola persona realice una sola actividad, aunque hay indicios en China en 1,100 a.C. en donde ya practicaban la especialización del trabajo. Lo mismo pasó en Grecia alrededor de 350 a.C., quizás en otros lugares en los cuales no fueron registrados.

Antes de la revolución industrial desde 1,776, la gente confeccionaba su ropa, calzado, herramientas de caza como arco y flechas, tenía parcelas para cultivar verduras, hortalizas, frutos y además tenía sus animales como cabras, cerdos, gallinas, etc., para la supervivencia.

En ese año apareció un libro del economista Adam Smith titulado “The wealt of Nations”, (La Riqueza de las Naciones). Este autor hacía hincapié en que, si el trabajo que hacía un artesano se dividiera en diferentes actividades, con más gente, se incrementaría el volumen de producción. Menciona como una persona haciendo todo el trabajo para fabricar un alfiler, quizás podría producir un alfiler en todo el día, pero especializándose en cada una de las actividades como: un hombre saca el alambre, otro lo tensa, un tercero lo corta, un cuarto lo marca, un quinto lo prepara en la parte superior para recibir la cabeza, hacer la cabeza requiere dos o tres operaciones distintas, blanquearlo, diez personas podrían producir 48,000 alfileres al día etc. (Smith, 1776). Significa que $48,000 \div 10$ podrían producir cada trabajador 4,800 alfileres diarios.

A partir de la división del trabajo, la gente y los obreros pudieron ser mucho más productivos, esto generó, junto con los inventos de la época, como la máquina de vapor y otros más, productos más baratos y accesibles, así inició la revolución industrial y consecuentemente trajo consigo una economía nunca antes vista en Europa, específicamente en Inglaterra y de ahí se propagó a todo el mundo, especialmente a Norteamérica.

1.2.2. La producción en masa.

Para entender más claramente lo que es la producción en masa, debemos conocer que hay dos tipos básicos de producción en serie: la producción intermitente y la producción continua. La producción en masa pertenece a la producción continua.

Según (Fogarty, 2006), “se llama producción intermitente porque sus productos básicamente son repetitivos. Ejemplos de la producción intermitente serían un taller de carpintería sobre pedido, el taller mecánico en general y el contratista de edificios”.

La producción continua no son productos repetitivos, sino que fluyen como el agua o los gases. Ejemplos de producción continua sería las refinerías de petróleo o aceites, las plantas de productos químicos, las plantas para papel y cartón, la fabricación de cemento, mortero y yeso, agua potable, etc.

Sin embargo, hay productos repetitivos que se consideran parte de las industrias de producción en masa, que con las nuevas tecnologías y los avances de fabricación fluyen como si fuera agua. Entre ellos se encuentran, las que producen automóviles y artículos para el hogar, etc.

No todas las compañías pueden clasificarse exclusivamente a producción intermitente o producción continua. En la siguiente figura 1.2 se muestra las diferencias entre producción continua y producción intermitente. Por lo general la producción continua son de alto volumen, mientras que la producción intermitente tiende a ser de bajo volumen.

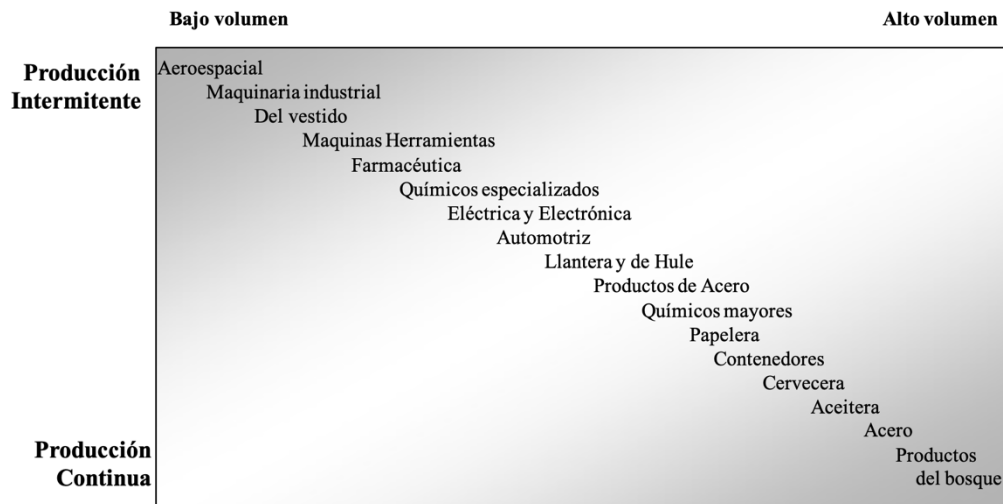


Figura 1. 2 Matriz del Producto y Proceso. Fuente: Japanese Manufacturing Techniques, video participants workbook, Management Research Corporation, Presented by Dr. Richard J. Schonberger.

Hay excepciones para comprar equipo, dependiendo del tipo de sistema de producción. Por ejemplo, una planta de producción continua, sus equipos son únicos y veloces y dependen de pocas líneas de producción como la fábrica de papel o la fábrica de cemento. Es muy difícil tener equipos pequeños, ya que la naturaleza de este tipo de fábricas es con equipos grandes y rápidos.

1.2.3. La producción esbelta.

La producción esbelta se considera parte de los sistemas avanzados de manufactura, qué se explicarán en la sección 1.4.

Este tipo de producción hace énfasis en la reducción de todo tipo de desperdicios, incluyendo el almacenaje ocioso, gente de más, puestos de trabajo que no benefician a la empresa, inventarios esperando ser procesados, actividades que no agregan valor del producto y todo aquello que cuesta dinero extra. Su enfoque se basa en la satisfacción del cliente. Y toda aquella actividad que no transforme el producto hacia lo que el cliente desea, debe ser eliminada.

En este tipo de empresas se tiene muy claro lo que es desperdicio y lo define como actividades que no le agregan valor al producto. El valor al producto son todas aquellas actividades en los procesos de producción que transforman, modifican un producto y lo van acercando a lo que el cliente desea. Si el producto lo quiere color gris, entregar un producto de cualquier otro color es un desperdicio. Desperdicio también son aquellas actividades como acumular material para ser usado después, entre otras más actividades que no contribuyen a lo que el cliente quiere.

1.3. Clasificación de los sistemas de producción.

1.3.1. Producto único.

Por lo general a este tipo de sistema de producción se le llama líneas dedicadas. Las líneas dedicadas están diseñadas para un solo tipo de producto, por lo tanto, son muy eficientes, ya que no hay cambios en las actividades de producción, los tiempos de alistamiento o preparación prácticamente no existen, sólo se produce un solo tipo de producto, día tras día.

1.3.2. Por Lote.

“El proceso de producción de flujo en lotes es prácticamente el mismo que el flujo continuo o el repetitivo, solo que en la misma instalación se fabrican dos o más productos” (Fogarty, 2006).

En la industria farmacéutica por regulaciones gubernamentales, el flujo en lotes debe ser muy estricto y además debe ser controlado con un número de serie u otro tipo de control, para que pueda ser rastreado ante cualquier situación de salud que se pueda presentar.

La producción en lotes tiene también algunos inconvenientes, por ejemplo, los tiempos de espera para ajustar la maquinaria para el nuevo lote. Como ejemplo se puede considerar la industria de las bebidas azucaradas de diferentes sabores. Se tiene que lavar muy bien los contenedores que ocuparon un tipo de sabor, para luego ser usado con otro tipo de sabor o ingrediente.

El flujo en lotes presenta maquinaria de uso general, que puede ser usada para varias actividades de producción.

Actualmente la maquinaria que se usa en productos de líquidos, está diseñada para no tener que lavar cada vez que se cambie de sabor en las compañías refresqueras. Existe ya mucha tecnología a través de la robótica, ahora se puede hacer los cambios automáticamente sin perder mucho tiempo en las preparaciones para cambio de lote, lo mismo pasa con la maquinaria para pintar automóviles usando robots sin tener que perder tiempo al cambiar de color de pintura.

1.3.3. Continua.

Es un tipo de producción de flujo continuo en donde no hay interrupciones para lograr el producto y éste fluye sin parar, es decir, siempre está en constante movimiento.

Una de las características de la producción continua es que las plantas trabajan día y noche, es decir las 24 horas del día. Una vez que iniciada la producción, está fluye sin parar y no se puede detener. Ejemplos de este tipo de industria está la industria papelera, la fabricación de celulosa, las refinerías de petróleo, las cementeras, etc.

Por lo general el equipo es de uso específico, este tipo de maquinaria solamente se usa para un solo propósito, además es equipo muy grande, muy eficiente y rápido, de tal manera que, para realizar un mantenimiento, éste debe ser programado con mucha anticipación y la gente de toda la compañía participa en las actividades de mantenimiento por varios días para poder cambiar motores, equipos, ajustes, etc. Solamente se detiene la producción por mantenimiento o cambio de producto.

1.4. Sistemas avanzados de manufactura.

Justo-A-Tiempo.

Algunos fabricantes occidentales de la industria automotriz visitaron Japón en los años 60's y descubrieron que en la empresa Toyota principalmente y la industria japonesa utilizaban un sistema muy novedoso para su época, sin inventarios. Al preguntar el nombre del sistema, las compañías proveedoras le llamaban "Sistema de Producción Toyota", aunque dentro de la empresa Toyota sus trabajadores le llamaban sistema Kanban.

En occidente el "Sistema de Producción Toyota" se le puso el nombre de "Justo-a-Tiempo", ya que las partes en proceso llegaban justo cuando se les necesitaba, sin acumulamientos de material en el proceso de producción.

Es un sistema que hace énfasis en la mejora continua a través de ir eliminando toda actividad que no le agrega valor al producto, lo cual es un costo agregado, que no debería existir. Este sistema está enfocado principalmente en la calidad y su enfoque es el cliente.



Figura 1. 3 Toyota Headquarters, Toyota City.

Consiste en una serie de acciones que hacen que las líneas de producción utilicen solo lo necesario para fabricar el producto. Para hacer posible esto, los japoneses desaparecen las esperas, los inventarios ociosos en el piso de producción y las filas, etc., actividades que no contribuyen a lo que el cliente quiere.

El área de almacenamiento se afecta significativamente, porque se reduce a grado tal, que muchas compañías occidentales ya han desaparecido sus almacenes. Un ejemplo de ello está en, DR (Delco Reming en Chihuahua, Chih.), proveedora de General Motors Company. Los embarques de los proveedores son en pequeñas cantidades diariamente. Las materias primas que llegan directamente a la línea de producción en pallets por juegos de piezas (kits), para hacer el producto.

Una vez descargados del camión transportista son enviadas directamente a las líneas de producción sin pasar por ningún almacén. Por tanto, no es

necesario tener almacén, ni nada que almacenar, salvo el pallet que se está consumiendo a medida que es utilizado en la línea y otro pallet que está siendo llenado con producto terminado para regresarlo al camión transportista. La caja del camión es el único almacén y éste solo espera para ser llenado y es un inventario en constante movimiento.

El Justo-A-Tiempo JIT (por sus siglas en inglés Just-In-Time) es toda una filosofía que va de la mano con la calidad. De tal manera que el concepto de calidad que se maneja es “Control Total de la Calidad” (CTC). Una empresa puede tener CTC sin tener JIT, pero el JIT no puede existir sin el CTC.

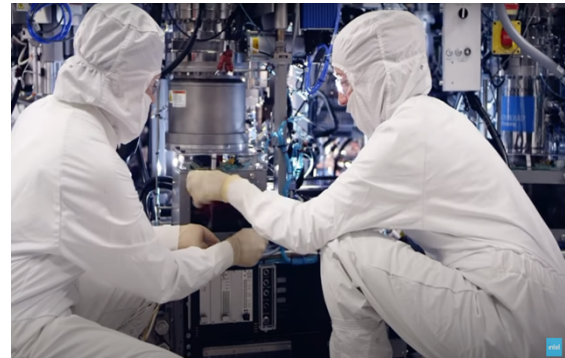
A partir de este sistema se han venido haciendo nuevos descubrimientos en el mundo de la administración de los sistemas de producción, adoptando diferentes nombres. En los últimos años las empresas que han logrado vencer muchos de los obstáculos que anteriormente encarecían a los productos, ahora los hacen más atractivos en calidad y precios bajos, a estas empresas se les suele llamar de Clase Mundial. El JIT es la base de la “Manufactura Esbelta”, que hoy en día se utiliza en muchas empresas que quieren ser de Clase Mundial y sus ventajas hace que estas empresas sean muy competitivas, con precios bajos y alta calidad.

Desde 1996 le cambiaron de nombre al Justo-A-Tiempo como “Manufactura Esbelta” cuándo apareció en el libro “Lean Thinking” de James P. Womack y Daniel T. Jones.

Manufactura Esbelta.

Las compañías que emplean la Manufactura Esbelta se les suele llamar “World Class Manufacturing” (Manufactura de Clase Mundial o MCM) que fue llamado así por primera vez en un libro con el mismo título de Richard J. Schonberger escrito en 1986.

Según el libro en español de (Schonberger, 1992), “debe haber menos proveedores, lotes menores de piezas, fabricas enfocadas (limitadas a una pequeña línea de productos y tecnologías), programación según un ritmo de trabajo, no por lotes, menos estantes, entregas más frecuentes, plantas más pequeñas, distancias menores, menos informes, menos inspectores, menos inventarios reguladores, menos clasificaciones de trabajo. El tamaño de los lotes en una fabricación debe reducirse a una pieza, es decir no debe haber cantidades grandes entre cada etapa del proceso, solamente una pieza”.



En compañías que fabrican productos de fácil elaboración por miles en grandes cantidades por minuto, difícilmente pueden reducir el tamaño de lote a una pieza, pero por experiencia propia se puede reducir la cantidad a una caja o contenedor para evitar muchas cajas en cada etapa del proceso. En este caso el tamaño de lote sería una caja, que es el equivalente a una pieza.

La fabricación en lotes de 1 pieza logra que hay menos desperdicio, ya que hay menos inventario, inclusive el inventario de seguridad debe ser eliminado. Los tiempos de preparación en una línea de producción, al cambiar de modelo, deben ser reducidos o eliminados, si es posible.

Para reducir el número de proveedores, se busca que haya convenios con los pocos proveedores que quedan, para que no fallen al entregar sus partes. Inclusive se busca, como se hace en Japón, que los proveedores también utilicen el sistema Justo a Tiempo y entreguen justo a tiempo sus productos. La manufactura esbelta busca la perfección a través de la calidad.

El equivalente de la Manufactura de Clase Mundial es el mejoramiento continuo y rápido.

1.5. Actividades principales de la administración de operaciones.

Las actividades principales de la administración de operaciones tienen que ver desde el diseño de los procesos, pasando por todas las actividades de una empresa, como Contabilidad, Finanzas, Marketing, Recursos Humanos, Ingeniería, y todo lo concerniente a la trayectoria de un producto que está transformando los insumos o materias primas en productos útiles hasta llegar al consumidor final.

La contabilidad de costos es muy indispensable para poder calcular y solucionar problemas de administración de operaciones. La contabilidad de costos en el área de producción proviene del departamento de ingeniería, que saca el estudio de tiempos, luego lo manda a contabilidad y ahí en un tabulador, de acuerdo al tiempo consumido y por jerarquía de personal, se determina cuánto cuesta cada una de las actividades que utilizan. Por ejemplo, en el área de administración de inventarios, se deben de conocer los costos asociados a los tiempos de preparación, costos de ordenar, costo de mantener un inventario y determinar el pedido óptimo. Sin estos datos no se podría hacer una buena planeación, para la mejor toma de decisión.

En una empresa de manufactura hay innumerables actividades desde calcular la capacidad de las máquinas, o la capacidad global de la empresa para poder hacer una buena planeación a futuro y crecimiento. La necesidad de pronósticos sumamente indispensable para planear.

En esta signatura se estudian los sistemas de producción, pronósticos de la demanda, planeación de la capacidad, administración de los inventarios y administración de almacenes.

1.6. Estrategias de operaciones en un entorno global.

“Empresas como Starbucks, es un ejemplo de una estrategia de operaciones impulsada por el cliente en acción. Sus procesos centrales se concentran en las actividades cruciales, que van desde la adquisición de granos de café selectos hasta la entrega de una variedad de bienes y servicios para deleitar a los clientes. Starbucks que se instauró en Seattle, nació de una estrategia de hacer de un café común en algo muy globalizado a nivel mundial, en el que ofrecen una variedad de productos de café y otros productos”. (Lee J. Krajewski, 2007).

Este tipo de estrategias tienen mucho que ver con los planes a futuro y localización de empresas a nivel mundial. Las marcas que ofrecen productos útiles y competitivos como computadoras, automóviles teléfonos celulares, etc., son bienes muy utilizados y que además generan subproductos como impresoras, refacciones, software, etc., también en el área de los servicios globales como el Internet, qué a su vez genera otro tipo de servicios como WhatsApp, Facebook, Instagram, Telegram, TikTok, entre muchos otros.

Antes eran la televisión y la radio, lo que comunicaba, pero muy limitadamente, ahora son las redes sociales. Vivimos en un mundo globalizado, en que todas las actividades humanas están interrelacionadas debido a la comunicación global.

Cuestionario de evaluación.

Preguntas:

- 1) En los sistemas de Producción Intermitente, prevalece el equipo de trayectoria: _____
- 2) ¿Cuáles son las dos funciones básicas que algunos autores aseguran que tienen todas las empresas comerciales?
- 3) En un sistema de producción, si metemos como insumo la Energía y hábilmente la manejamos en el Proceso de Conversión, ¿Qué sacamos como Resultado?
- 4) En un sistema de producción si metemos como insumo datos y los convertimos o interpretamos que ¿Qué sacamos como Resultado?
- 5) ¿Qué costo, mayor o menor tiene un sistema continuo comparado con un sistema intermitente?
- 6) ¿En la manufactura esbelta es bueno tener varios proveedores por si falla alguno respecto a la materia prima?
- 7) ¿Qué otro nombre en el sistema de producción, reciben los productos únicos?
- 8) La mano de obra directa con frecuencia está altamente entrenada, muy bien capacitada y es independiente ¿qué sistema de producción es?
- 1) Los productos que son elaborados repetitivamente pertenecen a los sistemas de producción en serie, ¿qué otro nombre recibe los llamados sistemas de producción?
- 2) ¿En la producción intermitente en relación a la producción en masa, se producen volúmenes altos o bajos?
- 3) El tiempo que se requiere para producir en el sistema de producción continua es (mayor/menor) _____ que la producción intermitente.
- 4) La producción en lotes tiene también algunos inconvenientes ¿mencione algunos?
- 5) El equipo es más flexible en ¿qué sistemas de producción aparece?
- 6) ¿En la producción continua, el equipo que se usa es pequeño o grande?
- 7) ¿Si se quiere detener un equipo o un proceso en la producción continua, simplemente se detiene y lo demás procesos siguen trabajando o es todo lo contrario?
- 8) ¿Cuál es el nombre original del JIT?
- 9) ¿Actualmente cómo se le llama al sistema JIT?
- 10) ¿Qué hacen los japoneses en una línea de producción, cuando hay la posibilidad de tener inventarios?
- 11) ¿Cuál debe ser la cantidad por lotes que producen los sistemas JIT o Esbeltos?
- 12) ¿Cómo se les llama a las compañías que emplean la Manufactura Esbelta?

Tema 2

Pronóstico de la demanda

2.1. Importancia estratégica del pronóstico.

El propósito fundamental de los pronósticos es hacer estimaciones que sirvan a los administradores para tomar buenas decisiones. Los buenos administradores toman sus decisiones sabiendo, con concierta precisión lo que va a pasar a futuro. Si tienes que planear algo, tienes que saber pronosticar.

Son procedimientos objetivos que utilizan información real del pasado y una vez elaborados, sus resultados se convierten en metas, es una buena base para poder planear, aunque nadie puede predecir con exactitud el futuro.

Los pronósticos son esenciales en cualquier actividad humana, por ejemplo, si queremos ir al Tecnológico, tenemos que predecir qué ruta es la mejor, donde hay menos actividad vehicular, o si vienes en camión tienes que calcular el tiempo que vas a utilizar para llegar a tiempo a la escuela. En una empresa que se dedica a la actividad de manufactura, se tiene que saber cuál es la demanda semanal, mensual o hasta anual, para poder hacer un buen plan de contratación de personal, compras, disposición de líneas de producción, capacidad de la compañía, etc. Y cuando hay planes de expansión, hay que saber en donde se va a instalar la planta, con qué capacidad, tamaño de la instalación, cerca de proveedores y clientes y además de saber quiénes van ser los clientes.

Todo lo anterior tiene que ver con pronósticos o predicciones. He ahí la importancia de utilizarlos correctamente.

2.2. Características de la demanda.

La demanda es la cantidad de un bien o un servicio que la gente o empresas desea conseguir. Puede ser físico o monetario. Hay dos características principales de la demanda: la demanda dependiente y la demanda independiente.

Demanda dependiente. Esta característica es cuando el producto que se busca es parte de un producto principal, por ejemplo, una bicicleta tiene una demanda de dos ruedas, dos aros, dos llantas, un manillar, etc. Cuando hay una demanda de un producto, éste genera algunos subproductos para su elaboración que corresponden a demandas dependientes.

Demanda independiente. Son productos que no dependen o que no son parte de un producto principal, sólo lo que el cliente necesita.

Hay muchas otras características generales de la demanda, se pueden ubicar aquí unas pocas de ellas:

Demanda estacional. Este tipo de demanda se produce debido a las condiciones climáticas, época del año, actividades humanas más comunes en ciertos meses del año, como Navidad, Semana Santa, etc. Si es época de lluvias, puede haber más demanda de podadoras de Pasto, productos para tapar goteras, en la zona de Cd. Cuauhtémoc se requieren cajas de manzana y pallets, etc.

Demanda de tendencia, se produce cuando la gente desea comprar un servicio o un bien que todo mundo utiliza, por ejemplo, ropa de cierta marca, celular con ciertas características, calzado, algún teléfono móvil, etc.

Ubicación geográfica. Algunos productos son muy demandados, dependiendo del lugar en donde se requieren. Por ejemplo, ropa de invierno en países muy fríos, o implementos de pesca en lugares cuya actividad principal sea esa, etc.

Nivel socioeconómico. La demanda de alimentos, ropa, agua, etc. Se reproduce en lugares de nivel socioeconómico bajo o, por el contrario, la demanda de tecnología, computadoras, ropa de marca, automóviles de alto rango, etc., es un buen atractivo para los vendedores al ofrecer sus productos para este tipo de sociedad.

2.3. Métodos cualitativos.

(Heizer, 2004) “Muestran cuatro tipos de pronóstico cualitativos:

2.3.1. Consulta a la fuerza de venta.

“Se toma en cuenta la opinión de cada gerente de ventas en su área de influencia para saber cuánta demanda hay. Los pronósticos obtenidos se revisan para asegurarse de qué son reales y se juntan todos los pronósticos, a nivel país, ya sea por cada estado o nacional”.

2.3.2. Jurado de opinión ejecutiva.

“Este tipo toma en cuenta la opinión de un pequeño grupo de administradores, quienes en combinación con análisis estadísticos se puede obtener un pronóstico de la demanda”.

2.3.3. Método Delphi.

“Es un método interpretativo que depende del punto de vista. Utiliza tres tipos de participantes: los que toman las decisiones (personal experto asesor que preparan los pronósticos) y los entrevistados”. Este método es muy útil ya que utiliza los medios de comunicación y el Internet, porque pueden hacerse en lugares distantes y obtener un pronóstico que les ayude a tomar decisiones de expansiones, nuevas plantas, etc.”

2.3.4. Investigación de mercado.

“Es un método que solicita la información de los clientes o de los clientes potenciales para saber cuáles son sus planes futuros de compra. Va de la mano con el ciclo de vida del producto para diseñar e innovar nuevos productos”.

2.3.5. Analogía de ciclo de vida.

El ciclo de vida de un producto inicia con la introducción, crecimiento, madurez y declinación. Es un muy buen indicador para que las empresas tomen en cuenta la vida útil del producto o servicio que están proporcionando al cliente, porque estos llegan a ser obsoletos o caducan. Es así, que las empresas desarrollan nuevos productos debido al efecto de constante cambio de las necesidades de los clientes.

2.4. Métodos cuantitativos.

Los métodos cualitativos están basados en datos reales. A partir de ellos se puede calcular usando diferentes métodos que se verán a continuación.

2.4.1. Series de tiempo.

“Este tipo de pronósticos caen en la clasificación de pronósticos cuantitativos, ya que se apoya en modelos matemáticos que utilizan datos históricos. Usan una secuencia de datos exactos a intervalos iguales o desiguales, como pueden ser días, semanas, meses, años, trimestres, como ventas, enfermedades por causas imprevistas, como epidemias, etc.”.

2.4.1.1. Enfoque simple.

“El método se enfoca en suponer que la demanda del periodo siguiente es igual a la demanda del periodo anterior. Aparentemente es demasiado simple, pero cuando no se tienen bases estadísticas para calcular el pronóstico, muchas empresas lo utilizan”.

2.4.1.2. Promedios móviles.

“Los promedios móviles se clasifican en: Promedios móviles simples y promedios móviles ponderados”.

a) Promedios móviles simples:

Este método usa valores de datos históricos. Si se sabe que las demandas del mercado son más o menos constantes, puede ser muy útil este tipo de pronóstico. Si se desea tener un promedio móvil de cuatro meses, simplemente se suman los cuatro meses y se divide entre cuatro para obtener el pronóstico.

Ejemplo

Un negocio de ventas al menudeo de memorias USB, vende mensualmente una cantidad determinada de memorias, se quiere saber el pronóstico usando promedios móviles para cuatro meses como se muestra a continuación:

Tabla 2. 1 Análisis del promedio móvil simple.

Mes	Ventas	Promedio móvil para 4 meses
Septiembre	193	
Octubre	203	
Noviembre	230	
Diciembre	289	
Enero	292	El pronóstico de septiembre es $(193+203+230+289)/4=228.75$
Febrero		Para octubre es de $(203+230+289+292)/4=253.50$
Marzo		Para noviembre es $(230+289+292+303)/4=278.50$
Mayo		Para diciembre es $(289+292+303+350)/4=308.50$

Redondeando los resultados se obtiene el promedio para enero de 229 memorias, 254 para febrero, 279 para marzo y 309 para mayo. De esta manera se puede comparar con los datos reales,

Como se puede observar, no tiene exactitud por el tipo de datos que muestran una tendencia en aumento continuo. Es más recomendable usar los promedios móviles ponderados que vienen a continuación.

b) Promedios Móviles Ponderados

Básicamente los promedios móviles ponderados son lo mismo que los simples, solo que se usan aquí cuando existe una tendencia en los últimos datos. Esta ponderación les da más importancia o peso a los últimos datos calculados.

Su fórmula matemática es:

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum (\text{ponderación para el periodo } n)(\text{demanda para el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}}$$

Básicamente los promedios móviles ponderados son lo mismo que los simples, solo que se usan aquí cuando existe una tendencia en los últimos datos. Esta ponderación les da más importancia o peso a los últimos datos calculados.

Su fórmula matemática es:

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum (\text{ponderación para el periodo } n)(\text{demanda para el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}}$$

Ejemplo

Usando los mismos datos del problema anterior:

Tabla 2. 2 Uso de un promedio móvil ponderado con los datos de la Tabla 2.1

Mes	Ventas		Pronóstico	Error de pronóstico
Septiembre	193			
Octubre	203			
Noviembre	230			
Diciembre	289			
Enero	292	$[(1) (193) + (2) (203) + (3) (230) + (4) (289)]/10 =$	244.5	47.5
Febrero	303	$[(1) (203) + (2) (230) + (3) (289) + (4) (292)]/10 =$	269.8	33.2
Marzo	350	$[(1) (230) + (2) (289) + (3) (292) + (4) (303)]/10 =$	289.6	60.4
Abril	367	$[(1) (289) + (2) (292) + (3) (303) + (4) (350)]/10 =$	318.2	48.8

Redondeando, el pronóstico para enero es de 245 pero fue de 292, para febrero 270 pero fue de 303, marzo es de 290 y fue de 350 y para abril 318 fue de 367.

Este pronóstico tiene muchas imperfecciones, pero es una buena base para la planeación. Estos métodos son rápidos y pueden ser útiles cuando existen ciertas tendencias en los últimos datos. En el caso del promedio móvil ponderado, la ponderación les da el peso necesario a estos datos para acercarse más a la exactitud del pronóstico.

Nota: No es recomendable estos tipos de pronósticos móviles cuando los datos son muy irregulares.

2.4.1.3. Suavización exponencial.

(Heizer, 2004) “Es un método que se considera, según los expertos, dentro de la categoría de promedios móviles ponderados. Su aplicación es muy usada por la sencillez, ya que se necesitan muy pocos datos históricos. Se dice que entre más antiguos son los datos, menos importancia tienen estos. La suavización exponencial es entonces el método ideal para darle solución a ese paradigma”.

Su fórmula es:

$$\text{Pronóstico nuevo} = \text{Pronóstico del periodo anterior} + \alpha \left(\text{demanda real del mes anterior} - \text{Pronóstico del periodo anterior} \right)$$

Forecast (F)= Pronóstico (P).

$$P_t = P_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - P_{t-1})$$

“donde: Alfa (α) es la constante de suavización”.

$$P_t = \text{Pronóstico nuevo}$$

$$P_{t-1} = \text{Pronóstico anterior}$$

$$\alpha = \text{Constante de suavización}$$

$$D_{t-1} = \text{Demanda real del mes anterior}$$

Para ilustrar mejor su aplicación, veamos el siguiente ejemplo:

Un distribuidor de queso menonita de la localidad pronosticó que para el mes de diciembre del 2022 la demanda de queso iba a ser de 32 toneladas, pero fue de 39. Si utilizamos una constante

de suavización α de 0.25, podemos pronosticar el mes de enero utilizando la ecuación de “suavización exponencial”:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - P_{t-1})$$

$$= 32 + 0.25(39 - 32) = 33.75$$

El pronóstico nuevo será de ≈ 34 toneladas de queso para el mes de enero del 2023.

Cuando $\alpha=0$, el pronóstico nuevo (P_t) es igual al pronóstico del periodo anterior (P_{t-1}).

Pero cuando $\alpha=1$ el pronóstico nuevo (P_t) es igual a la demanda real del mes anterior (D_{t-1}). Por lo tanto, los valores de α deben caer entre 0 y 1. Generalmente para aplicaciones comerciales se usa un α entre 0.05 y 0.5. Cuando α es alta, se les da más peso a los datos recientes, pero cuando α es baja, se le da más peso al pronóstico anterior.

Ejemplo

Las llamadas de emergencia del sistema 911 durante las últimas 24 horas se muestran a continuación, calcular el pronóstico de suavización exponencial de llamadas por cada semana. Asumir un pronóstico inicial de 50 llamadas en la primera semana, y utilizar $\alpha=0.2$ y $\alpha=0.5$ ¿Cuál es el pronóstico para la semana 9 y cuál constante de suavización ofrece el mejor pronóstico?

Primeramente, debemos calcular el error del pronóstico para cada uno de los datos en las dos constantes de suavización.

Semana	Llamadas	Pronóstico $\alpha=0.2$	Error $\alpha=0.2$	Pronóstico $\alpha=0.5$	Error $\alpha=0.5$
1	50	50 (pronóstico inicial)	0	50 (pronóstico inicial)	0
2	35	$50 + 0.2(50 - 50) = 50$	15	$50 + 0.5(50 - 50) = 50$	15
3	25	$50 + 0.2(35 - 50) = 47$	22	$50 + 0.5(35 - 50) = 42.5$	17.5
4	40	$47 + 0.2(25 - 47) = 42.6$	2.6	$42.5 + 0.5(25 - 42.5) = 33.75$	6.25
5	45	$42.6 + 0.2(40 - 42.6) = 42.08$	2.92	$33.75 + 0.5(40 - 33.75) = 36.89$	8.1
6	35	$42.08 + 0.2(45 - 42.08) = 42.66$	7.7	$36.89 + 0.5(45 - 36.89) = 40.95$	5.95
7	20	$42.66 + 0.2(35 - 42.66) = 41.13$	21.16	$40.95 + 0.5(35 - 40.95) = 38$	18
8	30	$41.13 + 0.2(20 - 41.13) = 36.90$	6.9	$38 + 0.5(20 - 38) = 29$	1
9		$36.9 + 0.2(30 - 36.9) = 35.52$	-----	$29 + 0.5(30 - 29) = 29.5$	-----

Para calcular cuál de los dos pronósticos tiene más o menor error se utiliza la desviación media absoluta *MAD* (por sus siglas en inglés *Mean Absolute Deviation*):

$$MAD_{\alpha=0.2} = \frac{78.28}{8} = 9.79$$

$$MAD_{\alpha=0.5} = \frac{71.8}{8} = 8.99$$

Se deduce de este análisis, que conviene más una $\alpha=0.5$ que una de $\alpha=0.2$, porque tiene menor error de pronóstico (8.99) contra (9.79).

2.4.1.4. Tendencia lineal.

También conocida por algunos autores como “Mínimos Cuadrados”. Cuando se tiene una serie de datos, se puede calcular su tendencia en una recta, cuya ecuación es igual a:

$$\hat{y} = a + bx$$

En donde:

$\hat{y}$ (y testada) es la variable dependiente o valor de predicción.

a es la intersección del eje y .

b es la pendiente de la línea de regresión $\hat{y} = a + bx$

x es la variable independiente.

Para encontrar la pendiente (b) de la línea de regresión, los expertos de estadística desarrollaron la siguiente ecuación:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

En donde:

$\sum$ Sumatoria.

x Variable independiente.

y Valores de la variable dependiente.

$\bar{x}$ Promedio de todas las x .

$\bar{y}$ Promedio de los valores de todas las y .

n Número de observaciones o datos exactos.

Para calcular la a se usa la siguiente ecuación:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Para una mejor explicación de cómo usar estas ecuaciones, se verá en el siguiente ejemplo:

El crecimiento poblacional de nuestro país se muestra a continuación, queremos saber cuál es la ecuación de la tendencia para poder pronosticar el año 2030.

Ejemplo

Ahora pronostiquemos la población en México para el 2030, 2040 y 2050 usando datos proporcionados por INEGI desde 1910 al 2020.

Tabla 2. 3 Población de México (Fuente: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>)

Periodos	Número de personas nacionales o extranjeros que residen en México	Redondeando los datos en millones
1910	15,160,369	15
1921	14,334,780	14
1930	16,552,722	17
1940	19,653,552	20
1950	25,791,017	26
1960	34,923,129	35
1970	48,225,238	48
1980	66,846,833	67
1990	81,249,645	81
2000	97,483,412	97
2010	112,336,538	112
2020	126,014,024	126

Para efectos de simplificación de los datos, éstos se presentan en fracciones de millones de personas. Se agregan columnas para indicar el periodo 1 para 1910 y así sucesivamente. Otra columna para (x^2) y (xy) .

Periodos	(x) Periodo	(y) Población en millones de personas	x^2	xy
1910	1	15	1	15
1921	2	14	4	28
1930	3	17	9	51
1940	4	20	16	80
1950	5	26	25	130
1960	6	35	36	210
1970	7	48	49	336
1980	8	67	64	536
1990	9	81	81	729
2000	10	97	100	970
2010	11	112	121	1,232
2020	12	126	144	1,512
Sumatorias -->	78	658	650	5,829

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{78}{12} = 6.5, \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{658}{12} = 54.83 \quad n = 12$$

Ahora calculemos la pendiente.

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{5,829 - (12)(6.5)(54.84)}{650 - (12)(6.5)^2} = 10.853$$

Sustituyendo los datos en la fórmula, se tiene que a es la intersección del eje y .

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad a = 54.83 - (10.85)(6.5) = -15.712$$

Ahora obtenemos la línea de tendencia central en la ecuación principal:

$$\hat{y} = a + bx$$

$$\hat{y} = -15.712 + 10.853x$$

Con esta ecuación se pueden pronosticar las siguientes décadas.

Para 2030 la x sería el periodo 13, sustituyendo: $\hat{y} = -15.712 + (10.853)(13) = 125.378$ millones de personas o 125,378 habitantes habrá en México en el año 2030.

Para el 2040 habrá 136.23 millones y para el 2050, que es el dato de $x=15$, 147.083 millones de personas, incluyendo extranjeros que residen en México.

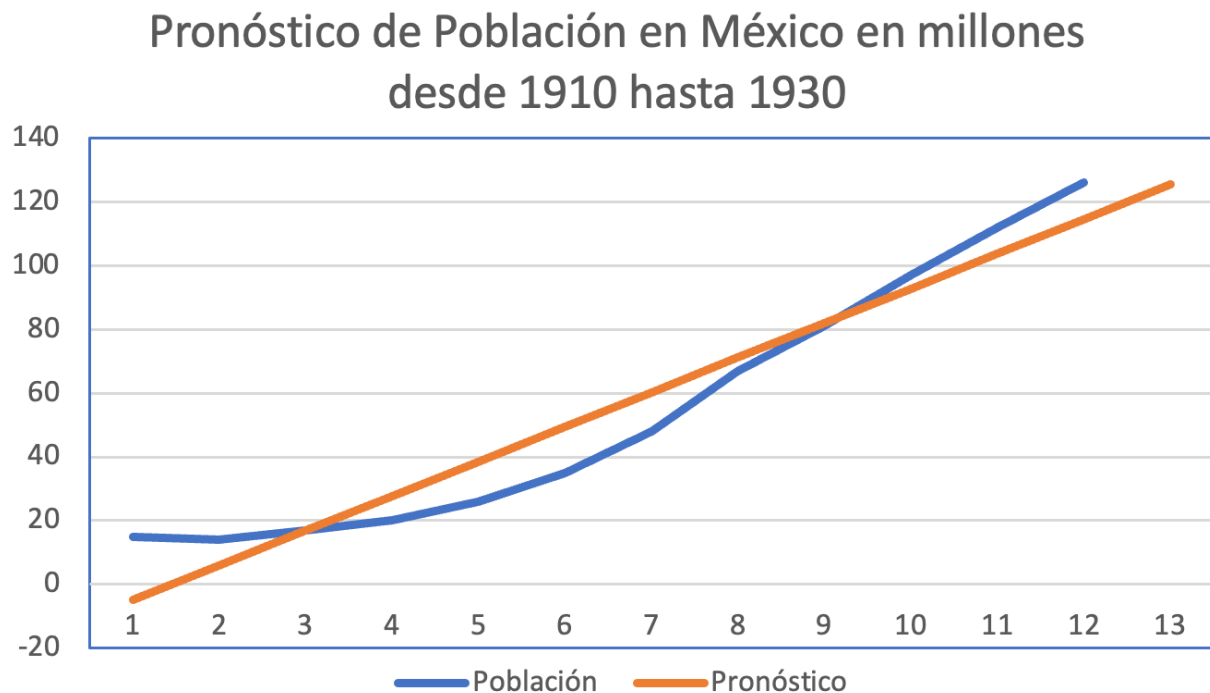


Figura 2. 1 Gráfica mostrando el índice poblacional de México y el pronóstico para el 2030.

2.4.2. Relaciones Causales.

El objetivo del análisis de correlación en las aplicaciones de pronósticos, es analizar la relación que existe entre dos variables. También se le llama análisis causal porque una de las variables provoca en la otra variable un efecto.

Su justificación e importancia radica en que tiene un amplio uso en todo tipo de aplicaciones estadísticas para ingenieros, arquitectos, médicos, administradores, investigadores, etc.

En este tipo de pronósticos sus variables son mediciones numéricas, es decir, se miden por medio de un mecanismo o medio que concibe números efectivos en vez de categorías.

Análisis de Regresión para Pronósticos.

Básicamente usa el mismo modelo matemático de “mínimos cuadrados” para proyectar la tendencia y obtener un análisis de regresión lineal.

En el método de mínimos cuadrados se utilizó la variable independiente x como tiempo, en este caso ya no es necesario. La ecuación bien conocida es:

$$\hat{y} = a + bx$$

$\hat{y}$ (y testada) es la variable dependiente o valor de predicción;

a es la intersección del eje y .

b es la pendiente de la línea de regresión.

x es la variable independiente.

Ejemplo

Seatt de México, empresa manufacturera de alarmas contra incendio ha notado en las pruebas eléctricas que se realizan a cada alarma, que cuando la cantidad de humedad relativa del medio ambiente cambia, también cambia el número de daños en los Circuitos Integrados “IC’s” (Integrated Circuits). Esta empresa desea saber qué relación de IC’s existe cuando la humedad relativa está a 25% y pregunta: ¿cuál sería el número de circuitos integrados que pudieran dañarse?

Chips dañados	% humedad relativa	Chips dañados	% humedad relativa
34	15	15	66
28	42	5	75
27	49	2	100

La humedad es la variable independiente x , porque de ella dependen los IC’s dañados y . Poniendo estos datos en orden.

	Circuitos dañados y	% de humedad x	xy	x^2
1	34	15	510	225
2	28	42	1,176	1,764
3	27	49	1,323	2,401

4	15	66	990	4,356
5	5	75	375	5,625
6	2	100	200	10,000
	111	347	4,574	24,371
	$\sum y$	$\sum x$	$\sum xy$	$\sum x^2$

$$\text{Donde } \bar{y} = \frac{y}{n} = \frac{111}{6} = 18.5 \text{ y } \bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{347}{6} = 57.83$$

$$\text{Por lo tanto, la pendiente es } b = \frac{\sum xy - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x^2 - n \bar{x}^2} = \frac{4,574 - 6(57.83)(18.5)}{24,371 - 6(57.83)^2} = -0.4289$$

La intersección del eje y es entonces: $a = \bar{y} - b\bar{x} = 18.5 - (-0.4289)(57.83) = 43.3$

quedando la ecuación como $\hat{y} = a + bx = 43.3 - (0.4289)x$ y sustituyendo 25

$$\hat{y} = a + bx = 43.3 - (-0.4289)(25) = 54.02$$

Significa que se perderán aproximadamente 54 circuitos integrados si la humedad relativa del medio ambiente baja a un 25%.

Calcule si empieza a llover y la humedad relativa cambia a 80%. Respuesta: $8.99 \cong 9$ IC's dañados.

Diagramas de Dispersión.

Para poder entender con claridad veamos un ejemplo sencillo en la que hay una relación entre dos variables. En este caso la variable “y” puede sufrir cambios cuando cambia la variable “x”.

Por ejemplo, suponga que se les mide a varios individuos sus ingresos semanales por su edad de acuerdo a la Tabla 2.4.

Ejemplo

Tabla 2. 4 Dependencia de Ingresos vs Edad.

Número de persona	Ingresos (Y)	Edad (X)
1	1,500	18
2	3,300	22
3	5,800	26
4	10,500	29
5	15,200	32
6	18,000	36

En este caso se observa a simple vista que, entre más edad, más son los ingresos. En otras palabras, entre más aumenta X, más aumenta Y. Pareciera aventurado llegar a una conclusión son solo 5 datos, porque el tamaño de muestra es a todas luces inadecuado.

Ahora veamos estos datos en una gráfica llamada diagrama de dispersión de estos mismos datos, ver figura 2.2.

El patrón que adoptan los datos o puntos en el diagrama de dispersión ilustra intuitivamente una tendencia. A esta relación se le llama positiva porque a medida que incrementa x , incrementa y .

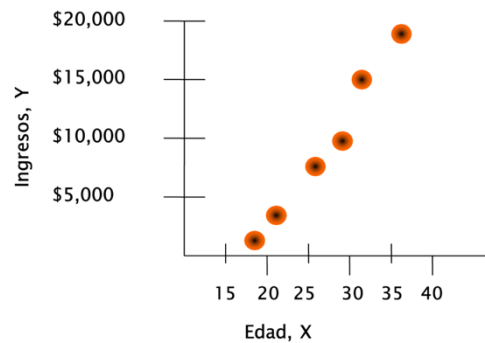


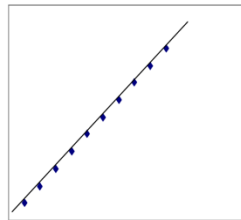
Figura 2. 2 Diagrama de dispersión.

En la Figura 2.3 se muestran patrones de datos. Cuando todos los datos coinciden exactamente con la línea de regresión, caso a), se dice que $r = +1$, variable x a medida que aumentan, aumentan también los datos de la variable y .

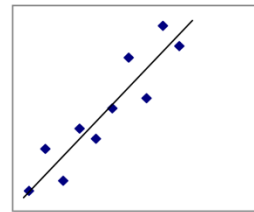
El diagrama b) los datos muestran una tendencia positiva, es decir a medida que aumenta x , aumenta y .

En el diagrama d) es exactamente lo mismo excepto que es a la inversa, mientras que los datos del eje horizontal disminuyen, aumentan los datos del eje vertical, por lo tanto, $r = -1$.

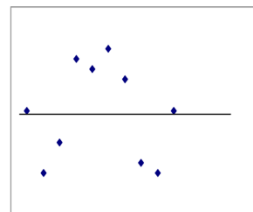
El diagrama c) muestra cuando no hay ninguna relación entre estas dos variables r se aproxima a 0 y gráficamente no se ve un patrón de los datos.



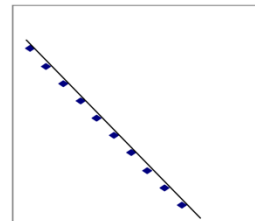
a) Correlación positiva perfecta $r = +1$ *



b) Correlación positiva $0 < r < +1$



c) Sin correlación $r = 0$



d) Correlación negativa perfecta $r = -1$

Figura 2. 3 Patrones para las Gráficas de Datos $Y-X^1$ (Heizer, 2004).

¹ r es un coeficiente de correlación que se usa para rectas de regresión y que se verá más adelante.

2.4.2.1. Regresión simple.

Coefficiente de Correlación.

Matemáticamente es el grado de correlación que relaciona dos variables entre sí en forma lineal. Sus mediciones pueden ir de $-1 < r < +1$. Por ejemplo, cuando $r=-1$ se dice que tiene un coeficiente de correlación negativo perfecto, y aunque r es negativa su grado de correlación es perfecto. Lo mismo da para $r=+1$ tiene un grado de correlación positivo perfecto. Pero a medida que r se acerca a 0, ya sea positiva o negativa se va perdiendo relación alguna entre las dos variables.

Para calcular el coeficiente de correlación r se usa la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Ejemplo

Retomando el ejemplo de Seatt de México anterior, la gerencia quiere saber si existe una relación matemática entre la humedad relativa y los circuitos que se dañan por descarga electrostática y si es provocada por la falta de humedad. Y ver si esto le ayuda a decidir si comprar equipo especial para el control de la humedad en el área de producción. En este ejemplo, otro problema que presentan los circuitos integrados, se debe al descuido en el manejo inadecuado de los circuitos, ya que cualquier persona genera descargas electrostáticas, es por ello que se usan algunos implementos antiestáticos de protección, como batas, pulseras, taloneras, aire ionizado, etc.

	Circuitos dañados y	% de hu- medad x	xy	x^2	y^2
1	34	15	510	225	1,156
2	28	42	1,176	1,764	784
3	27	49	1,323	2,401	729
4	15	66	990	4,356	225
5	5	75	375	5,625	25
6	2	100	200	10,000	4
	111	347	4,574	24,371	2,923
	$\sum y$	$\sum x$	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum y^2$

Calculemos pues, solamente la variable de humedad, después discutiremos las otras variables que le afectan a los circuitos integrados.

$$r = \frac{(6)(4,574) - (347)(111)}{\sqrt{[(6)(24,371) - (347)^2][(6)(2,923) - (111)^2]}}$$

$$r = -0.9541$$

Este resultado de -0.9541, el cual nos indica que hay una relación inversa estrecha entre las dos variables, ya que se acerca mucho a -1.

Sin embargo, existe otra medida que se llama **coeficiente de determinación** y se describe como r^2 , siempre será un número positivo entre 0 y 1. Esta variable de determina como una variable que incide en la otra. Y nos dice, en el ejemplo que estamos viendo, que $r^2 = (-0.9541)^2 = 0.91$ o que el 91% de la humedad está determinando el número de circuitos integrados dañados en un 91%. El resto, 9% se debe a otras variables que no son la humedad y que pueden ser rastreadas con un Análisis de Causa-Efecto.

Según los expertos cuando r se encuentra entre 0% - 30% se dice que no hay relación entre variables, cuando es de 31% - 60% tiene cierta relación y cuando es de 61% - 100% hay mucha relación.

En este caso, y de acuerdo al análisis, la gerencia debe atacar primero la variable principal y tomar la decisión correcta para humidificar el lugar de trabajo. De hecho, eso fue lo que sucedió en esta compañía, se instalaron humidificadores para contrarrestar la falta de humedad y el resultado fue contundente, es decir, se redujeron los daños en los circuitos integrados.

2.4.2.2. Regresión múltiple.

Es prácticamente lo mismo que la regresión simple, sólo que ahora se usan más de una variable independiente.

Según (Heizer & Render, 2004) $\bar{y} = a + bx_1 + bx_2 + \dots$

Su utilización es muy compleja para hacerlo a mano, y es recomendable su uso por medio software especializado para computadoras.

2.5. Pronósticos en el sector servicios.

Todo tipo de servicios requiere forzosamente determinar lo que va a pasar a futuro. Es una condición necesaria para hacer planes y presupuestación lo más apegados a la realidad.

En el área comercial, una compañía que vende productos muy diversos para casas habitación, jardinería, herramientas, debe tener en cuenta, por ejemplo, si llega la época de lluvias, es muy probable que haya más demanda de podadoras de pasto, mangueras para regar, palas, rastrillos, etc.

En zonas turísticas los hoteles deben estar al pendiente de la época del año en que muchas personas aprovechan para salir y divertirse. Pronostican la cantidad de habitaciones y comida que han de necesitar.

En este tipo de pronósticos se puede combinar con ellos los pronósticos vistos anteriormente.

2.6. Pronósticos para empresas en creación.

Cuando se crea la idea de generar una nueva empresa, los administradores deben hacer un estudio de mercado minucioso a través de encuestas dirigidas a las oportunidades de venta en donde piensan ofrecer su producto o servicio. Las encuestas bien elaboradas ofrecerán datos para poder ver tendencias, ciclos, vida útil del producto, volumen de ventas, cubrir necesidades de los clientes, entre otros muchos aspectos. Con todos estos datos se puede pronosticar y tener una buena base planeación.

2.7. Uso de software en pronósticos.

El software más común es el uso de Excel para hacer buenos pronósticos, sólo que necesita además de introducir datos, conocer las fórmulas de este programa y tener experiencia en su uso. Si el personal busca algo más específico, se puede usar otros programas que incluya la estadística básica de análisis de regresión, como Minitab, que también requiere algo de entrenamiento y los que siguen: Fore Planner®, Statistical Package for Social Sciences (SPSS), Statistical Analysis Software (SAS), Streamline basado en IA (software gratuito) y otros en el mercado global.

Cuestionario de evaluación.

1. Calcule el pronóstico mensual de una tienda que vende entre otras cosas de cintos para vestir de hombre. Su gerente desea saber cuáles son los pronósticos desde mayo a agosto, usando promedios móviles ponderados para 3 meses.

Mes	Cintos		
Enero	100	Mayo	
Febrero	120	Junio	
Marzo	180	Julio	
Abril	190	Agosto	

2. Con los datos del problema anterior, pronostique usando una línea de relación. ¿Cuál la ecuación de la línea de regresión? ¿cuál es el pronóstico para junio y julio del siguiente año?
3. Los siguientes datos muestran ventas de un restaurant de un hotel, ver que tanta relación tiene estas dos variables. Encuentre cuál es x y cuál es y .

Semana	Inquilinos	Ventas en el restaurant
1	36	5,400
2	23	6,450
3	35	8,244
4	22	7,035
5		

- a. Si se esperan para la próxima semana 30 huéspedes, ¿cuáles son las ventas esperadas?
- b. Calcule el coeficiente de correlación (r) y determinación (r^2) y explique estos coeficientes.

4. Con los siguientes datos, desarrolle un pronóstico de demanda usando una suavización exponencial de 0.5 y Asuma un pronóstico inicial de 25 para el periodo 1.
- a. Pronostique el periodo 7.
- b. Determine el MAD

Periodo	Demanda	Pronóstico para $\alpha=0.2$	Error de pronóstico
1	17		
2	19		
3	15		
4	19		
5	24		
6	18		
7			

Tema 3

Planeación de la Capacidad

3.1 Conceptos generales.

La capacidad es una de las medidas más importantes en la administración de operaciones para poder tomar las decisiones correctas con el uso de materia prima, equipo, instalaciones, personal, compras, etc.

3.1.1 Definición de Capacidad.

Se puede decir que es una tasa máxima de producción. La capacidad es una medida que limita la cantidad de uso de cualquier dispositivo, instalación, medio de transporte, hotel, cine, etc. Por ejemplo, se puede medir la capacidad de un salón de clases por el número de butacas que tiene el salón, con esto se puede determinar el número de personas. También se puede ver la capacidad que tiene un estadio de fútbol, un hospital, una escuela por el número de salones que tiene, etc.

De acuerdo a (Chapman, 2006): “la **capacidad** es una declaración de la tasa de producción y, por lo general, se mide como la salida (o resultado) del proceso por unidad de tiempo”.

De Acuerdo a (Krajewski Lee, 2000): “la **capacidad** es la tasa de producción máxima de un proceso o sistema”.

Una de las formas para medir la capacidad es la utilización, y dice que tanto se está usando la capacidad en cualquier instalación.

Utilización. Por ejemplo: si un salón de clases tiene 40 butacas, pero en promedio solamente se usan 25, entonces la utilización se puede usar como una fórmula en porcentaje.

$$Utilización = \frac{Producción\ promedio}{Capacidad\ efectiva} \times 100$$

$$Utilización = \frac{25}{40} \times 100 = 62.5\%$$

Se utiliza a un 62.5%

3.1.2 Capacidad efectiva.

Hay varias medidas de capacidad, una de ellas es la “capacidad efectiva” que dice que: es la máxima capacidad utilizada bajo condiciones normales de trabajo, con horarios bien planeados por

la empresa, con descansos, desayunos o comidas, reuniones, mantenimiento, etc. Esta capacidad es la que se usa cotidianamente en cualquier empresa.

Por lo tanto, la utilización se le puede llamar *Utilización efectiva*

Ejemplo

(Krajewski Lee, 2000) “Si funcionara las 24 horas del día en condiciones ideales, el departamento de manufactura de una empresa fabricante de motores podría terminar 100 motores al día. La gerencia considera que una tasa de producción de sólo 45 motores al día es lo máximo que podría sostener económicamente por un largo periodo de tiempo. En el presente, el departamento produce un promedio de 50 motores diarios. ¿Cuál es el grado de utilización de ese departamento en relación con la capacidad pico? ¿y en relación con la capacidad efectiva?”

Solución, primero debemos saber cuál es la capacidad pico y la capacidad efectiva.

“**La capacidad pico** (C_p) se define como la máxima producción que se puede lograr bajo condiciones ideales, con tiempo extra, ni descansos o mantenimiento y solo puede sostenerse por periodos cortos de tiempo”. Por lo tanto

$C_p = 100$ motores

“**La capacidad efectiva** (C_e) es la máxima producción económicamente que se puede lograr en condiciones normales, con descansos, sin tiempo extra, deteniendo la producción cuando haya mantenimiento, etc”.

$C_e = 45$

Utilización pico U_p :

$$U_p = U_{pico} = \frac{\text{Tasa promedio de producción}}{C_p} = \frac{50}{100} = 0.5 \text{ ó } 50\%$$

Utilización efectiva U_e :

$$U_e = U_{efectiva} = \frac{\text{Tasa promedio de producción}}{C_e} = \frac{50}{45} = 1.11 \text{ ó } 111.1\%$$

3.1.3 Capacidad diseñada.

Este tipo de capacidad se usa cuando se compra una nueva maquinaria, el fabricante de la maquinaria determina cuál es la capacidad máxima a la que opera dicha máquina en condiciones ideales, es decir, sin darle mantenimiento, ni descanso a la maquinaria.

Esta capacidad es muy difícil de modificar, porque requiere modificar algunos elementos de la máquina, aparte de ser muy costoso, en algunas ocasiones no se puede modificar por el mismo diseño o complejidad del fabricante.

3.1.4 Capacidad nominal.

(Krajewski Lee, 2000) “Se le llama capacidad nominal sólo cuando se relaciona con el equipo que se está usando, es decir, una evaluación de ingeniería sobre la producción máxima anual, suponiendo una operación continua, salvo por un margen de tiempo de inactividad para realizar las tareas normales de mantenimiento y reparaciones”.

Se define como el producto del tiempo disponible, la eficiencia y la utilización.

Capacidad nominal = (tiempo disponible) (eficiencia)(utilización)

3.2 Consideración sobre la capacidad.

Según (Heizer & Render, 2004) “Además de la estrecha integración de la estrategia y las inversiones, existen cuatro consideraciones especiales para tomar una buena decisión sobre la capacidad”.

1. **“Pronosticar la demanda.** Un pronóstico lo más exacto posible es primordial para la decisión sobre la capacidad. El nuevo producto puede ser un concierto nocturno de música en vivo en Hard Rock Café, que implica una mayor demanda para el servicio de comida de la cafetería y en la tienda, o el producto puede ser una nueva sala de maternidad en el hospital Arnold Palmer, o el nuevo PT Cruiser descapotable de Daimler Chrysler. Independientemente de cuál sea el nuevo producto, es necesario determinar sus perspectivas y el ciclo de vida de los productos existentes. La dirección tiene que saber qué productos se van a añadir y cuáles se van a eliminar, así como sus volúmenes de venta esperados”.
2. **“Entender la tecnología y los incrementos en la capacidad.** Cuando se establece el volumen en que se va a operar, las decisiones sobre la tecnología que se va a usar dependen en gran medida de los costos, de los recursos humanos, la calidad y confiabilidad. Todo esto se hace para disminuir entre muchas alternativas iniciales para decidir la capacidad a unas cuantas”.
3. **“Encontrar el nivel de operación óptimo (volumen):** La tecnología y los incrementos en la capacidad suelen dictar el tamaño óptimo de una instalación. Hay un punto óptimo en el que el costo unitario puede ser afectado si se aumenta o disminuye el número de trabajadores, por ejemplo, en que se puede ocasionar una economía de escala o bien, una diseconomía de escala”.
4. **“Construir para el cambio:** En nuestro acelerado mundo, el cambio es inevitable, por lo que los administradores de operaciones integran la flexibilidad a las instalaciones y al equipo. Evalúan la sensibilidad de la decisión, probando varias proyecciones de ingresos, tanto hacia arriba como hacia abajo, para definir los riesgos potenciales. A menudo, los edificios se construyen en fases; y el equipo se diseña teniendo en mente las modificaciones necesarias para adaptarse a cambios futuros en el producto, la mezcla de productos, y los procesos”.

3.2.1 Economías de escala.

Estamos acostumbrados en nuestra sociedad que, si queremos comprar más producto de cierto artículo, podemos pedir un descuento. Muchas empresas ofrecen descuentos basados en el volumen de ventas. ¿cómo sucede esto? ¿la empresa vendedora pierde?

Se dice que entre más se compra, la empresa utiliza los mismos costos de producción. Es decir, los costos fijos para una compañía, no cambian y, por tanto, si la compañía tiene suficiente capacidad, puede fácilmente bajar los precios de venta. La compañía puede tener grandes ganancias bajando los precios, ¡ganan por volumen de ventas!

Los costos fijos se dispersan sobre más unidades (Krajewski Lee, 2000).



Figura 3. 1 Sistema de producción desde el punto de vista de costos.

Deseconomías de Escala: “Este es un problema sumamente grave para algunas empresas. Una empresa puede crecer tanto que se empiezan a generar costos altos, debido a que el tamaño de su instalación aumenta, hay más personal debido a un nivel más grande y complejo, puede suceder que se aumentan las jerarquías en los niveles de mando como gerentes, subgerentes, superintendentes, o que haya diferentes niveles operativos, como tener operadores tipo 1, 2, 3, etc. también aumentan la complejidad de los productos y la confusión. Pueden aumentar los costos de coordinación que produce una empresa muy grande, comparada con una empresa pequeña, generando la contratación de personal de confianza para tener mejor control. Una compañía así, pierde su habilidad para responder rápidamente a las demandas del cliente. La vuelve menos flexibles debido a sus controles internos. Las deseconomías de escala pierden su enfoque de efectividad y eficiencia y generan muchos gastos excesivos” (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).

“La Figura 3.2 muestra que a medida que crece una instalación se van generando en ella deseconomías de escala. Este tipo de enfoque puede generar un cierre de la compañía. Para aumentar su capacidad debido a más demanda, muchas empresas previendo esto, hacen instalaciones pequeñas en módulos, con gerente propio, es decir descentralizado de una sola operación, para ir controlando mejor sus operaciones y evitar este problema” (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).

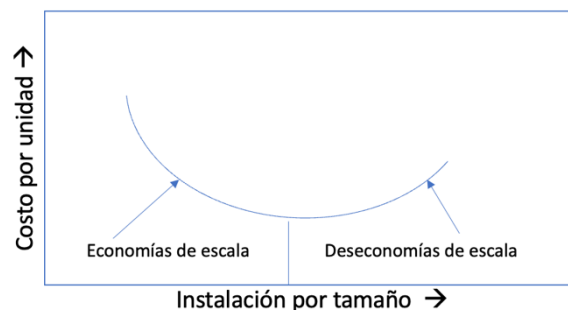


Figura 3. 2 Tamaño óptimo de una instalación (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).

3.2.2 Manejo de la demanda.

Según (Heizer & Render, 2004) “Incluso con un buen pronóstico y con instalaciones construidas según ese pronóstico, a veces hay poca correspondencia entre la demanda real y la capacidad disponible. Quizás la poca correspondencia significa que la demanda supera la capacidad o que la capacidad excede a la demanda. Sin embargo, las empresas tienen opciones en ambos casos”.

La demanda se puede manejar de muy diversas maneras: según (Krajewski, Ritzman, & Malhorta, Administración de Operaciones), “entre ellas están por ejemplo hacer promociones del producto con precios atractivos, hacer reservas de productos o bien poner productos que complementen a los originales, citas programadas para nivelar la demanda y que no exceda la capacidad, también se pueden hacer reservaciones, órdenes atrasadas que son una acumulación de órdenes de los clientes que se promete entregar en fechas futuras, ordenes pendientes y faltantes, etc.”

3.3 Planeación de la capacidad.

“Establecer los requerimientos de capacidad futuros, a veces se vuelven un procedimiento complicado, puesto que en gran medida se basa en la demanda futura. Cuando la demanda de bienes y servicios se pronostica con una precisión razonable, la definición de los requerimientos de capacidad se vuelve sencilla. Determinar la capacidad casi siempre exige dos etapas. Durante la primera, la demanda se pronostica con los modelos tradicionales. En la segunda etapa, este pronóstico se usa para determinar los requerimientos de capacidad y el incremento de cada adición a la capacidad” (Heizer & Render, 2004).

Planear la capacidad es parte crucial en la administración de una compañía. La planeación debe ser muy bien definida, ya que la capacidad excedente es tan mala, como la falta de capacidad.

Una capacidad excedente se refiere que la empresa es capaz de ofrecer más que la demanda y esto puede aumentar el costo del producto, debido a que los costos fijos de la empresa no cambian con la demanda y puede disminuir las ganancias. Por otro lado, una falta de capacidad puede meter en muchos problemas a los administradores al tener que recurrir a tiempos extras, contrataciones temporales y perjudicar las ganancias.

“La capacidad se puede medir en términos de las unidades de producto por unidad de tiempo que puede producir una instalación. Otra unidad común de medida es la hora. Si el MPS² o Plan Maestro de la Producción pide tasas de producción más altas que las disponibles, se tiene un faltante de capacidad y el resultado será entregas atrasadas” (Sipper & Bulfin, 1998).

La capacidad de una máquina se puede medir de la siguiente manera: en un hospital se puede medir por el número de camas, en un hotel por el número de habitaciones, en un salón por el número de butacas, etc. También puede ser en tiempo: un avión es lo que tarda en llegar a un destino, en un banco o por el tiempo que tarda el cliente para realizar sus operaciones.

² MPS proviene de Master Production Schedule por sus siglas en inglés.

3.3.1 Diseño de la capacidad del sistema.

Existe una estrecha relación entre la distribución y la ubicación de instalaciones. Cuando se diseña una instalación, ésta repercute en gran medida en la ubicación y la distribución. Todo esto a la vez incide directamente en la capacidad. La capacidad no sólo es un volumen de ventas, sino hay que saber cuántas unidades físicas se van a producir, el número de horas de trabajo y el volumen de ventas en unidades monetarias.

“La capacidad de diseño de una instalación es la tasa de salida de productos estandarizados en condiciones de operación normales. Esto proviene de un conocimiento de la demanda de los consumidores y de establecer una habilidad para satisfacer esa demanda. Las empresas no necesariamente planean satisfacer toda la demanda. Sin embargo, pueden ajustar sus variaciones estacionales a corto plazo y las tendencias económicas a largo plazo” (Monks, 1991).

El diseño de capacidad, llamado también capacidad instalada es la máxima producción bajo condiciones ideales, es decir es la capacidad que se planeó originalmente. Muchas empresas operan por debajo de esta capacidad para tener mayor eficiencia que cuando trabajan al 100%. Siempre tienen un colchón extra de capacidad para afrontar situaciones inesperadas. Estas empresas operan, por lo general, a un 80% de utilización respecto de su capacidad instalada.

Trabajar al 100% de capacidad es arriesgar, sin tener margen, por si cambian las circunstancias de la demanda. Entonces se prefiere trabajar con capacidad instalada.

Colchón de capacidad: este tipo de concepto, se refiere a la reserva que queda, o lo que no se utiliza después de calcular la “utilización”. Por ejemplo, si el índice de utilización de una planta está en 80%, el 20% restante puede considerarse como colchón de capacidad que se puede usar para planeaciones o ventas extras. Los ejecutivos de ventas pueden reducir los precios cuando tienen colchón de capacidad, esto nos lleva a un tema muy interesante, llamado economía de escala que se trató en 3.2.1.

El colchón de capacidad se puede definir por la siguiente fórmula:

$$\text{Colchon de capacidad} = 100\% - \text{Utilización}$$

3.3.2 Cálculos de los requerimientos de equipos.

Cuando se planea qué tipo de equipo se requiere para cumplir con el producto deseado, el administrador de operaciones debe investigar muy bien los equipos que ofrece el mercado y sobre todo su capacidad. Puede ser que un equipo no alcance la capacidad de cierto proceso, entonces debe comprar, inclusive varios equipos para una posición de trabajo. Cabe recalcar aquí, que la tendencia mundial es comprar equipos más pequeños para sistemas de producción intermitente, debido a que los equipos grandes son muy inflexibles, aunque rápidos y producen muy buena calidad, los equipos pequeños ofrecen gran flexibilidad y lo que buscan las compañías es adaptarse a la demanda cambiante de los clientes.

Para poder entender mejor la capacidad debemos definir qué es la máxima producción de un cierto producto que un sistema es capaz de fabricar.

Ejemplo 1:

Una compañía puede tener una capacidad de diseño de 40,000 controles de temperatura del hogar, pero su sistema de producción tiene la capacidad de 38,000 controles, sin embargo, la producción real es de tan solo 35,000 controles.

“Si queremos calcular la eficiencia del sistema (ES)”:

$$Eficiencia = \frac{\text{producción real}}{\text{capacidad de diseño}} \times 100 = \frac{35,000}{40,000} \times 100 = 87.5\%$$

Recordemos lo que es la capacidad de diseño: es la capacidad que determinan los fabricantes de la maquinaria incluidos en el proceso”. Entonces la Eficiencia está en relación a la capacidad de diseño, que es de 87.5%.

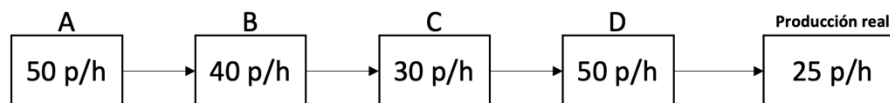
Si, por ejemplo:

$$Eficiencia = \frac{\text{producción real}}{\text{capacidad del sistema}} \times 100 = \frac{35,000}{38,000} \times 100 = 92.1\%$$

En este caso la Eficiencia está relacionada a la capacidad del sistema y es de 92.1%

Ejemplo 2: (Monks, 1991),

Una gran compañía de seguros procesa todas las pólizas secuencialmente mediante cuatro centros (A, B, C, D), los cuales manejan las actividades de búsqueda y registros. Las capacidades de cada centro de trabajo individual y el promedio real de pólizas procesadas por día son de 25 p/h. Encuéntrase a) la capacidad del sistema y b) su eficiencia.



- a) La capacidad del sistema debe tomar en cuenta el eslabón más débil de la cadena de producción, es decir, el cuello de botella o proceso “C”. Todo el sistema no puede procesar más de **30 piezas** por hora.

$$Eficiencia = \frac{\text{proceso real}}{\text{capacidad esperada}} \times 100 = \frac{25}{30} \times 100 = 83.3\%$$

3.3.3 Calculo de los requerimientos de Instalaciones.**Gráfico de Gantt.****Secuenciación de varias máquinas.**

(Machuca, González, & Jiménez, 1995): “Suponga que tiene dos Centros de Trabajo CT y se tienen dos pedidos que deben procesarse cada uno de ellos en el CT1 y luego en el CT2, (todo está horas). Los tiempos muertos que se generan en cada CT por estar

esperando los pedidos sucesivos, dependerán de que se elija una secuencia correcta. Veamos el siguiente ejemplo”:

$P_i \backslash CT_k$	CT1	CT2
P1	3	3
P2	5	2

Figura 3. 3 tiempos de procesamiento (Machuca, González, & Jiménez, 1995).

“Si se escoge procesar el pedido P2 primero y luego el P1 dará como resultado en el CT2 haya que esperar 5 horas para iniciar en CT2 y luego habrá que esperar hasta que termine el P1 del CT1 para poder iniciar el P2 en el CT2, dando 5+1=6 horas de tiempo muerto en el CT2 (cuadro en negro). No se puede empalmar el P1 y el P2 en un CT. El CT1 terminará en 8 hrs. y el CT2 en 11 hrs. Entonces se necesitarán 11 horas para procesar ambos pedidos”.

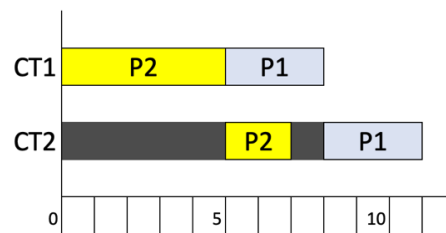


Figura 3. 4 Secuenciación 1 (Machuca, González, & Jiménez, 1995).

“Por otro lado, si se procesa primero el P1 y luego el P2, habrá en el CT2 de 3+2=5 horas de tiempo muerto (cuadro en negro), y terminará de procesar ambos pedidos en 10 horas”.

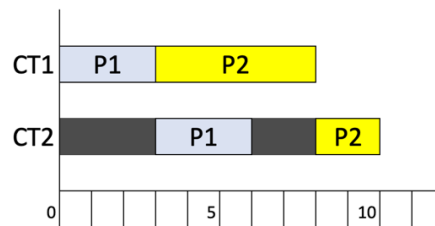


Figura 3. 5 Secuenciación 2 (Machuca, González, & Jiménez, 1995).

“La segunda secuencia conviene más pues habrá una hora menos de tiempo muerto y se terminará también en una hora menos”.

La Regla de Johnson.

Secuenciación de varios pedidos en dos máquinas.

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	5	1	9	3	10
M ₂	2	6	7	8	4

Figura 3. 6 tiempos de ejecución.

La regla de Johnson dice que primero se procesan los pedidos cuyo tiempo es menor en la M₁, luego se procesan los tiempos menores de la M₂ hasta el final de la secuencia, como se aprecia seguidamente:

Según (Machuca, González, & Jiménez, 1995):

“Fase 1. De entre todos los pedidos, P_i, se escoge aquel que posea el menor tiempo de toda la tabla, independientemente de si este tiempo pertenece a la máquina M₁ o M₂. En caso de haber dos o más tiempos iguales, se elige cualquiera de ellos”.

“Fase 2. Si el tiempo elegido pertenece a una operación a realizar en la máquina M₁, el pedido P_i elegido en el paso anterior debe programarse delante de todos los que resten. Por el contrario, si el tiempo fuese de la máquina M₂, P_i deberá ser programado detrás de todos los que aún figuren en la tabla para asignar”.

“Fase 3. Suprimir de la lista de pedidos pendientes el seleccionado en los pasos anteriores. Repetir las dos primeras fases hasta que se logre una secuencia que los incluya a todos”.

“Aplicando las fases anteriores a nuestro caso tendremos lo siguiente”:

“Iteración 1”:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	5	①	9	3	10
M ₂	2	6	7	8	4

“El menor tiempo en la Figura 3.7 corresponde a P₂ (1 hora) en M₁, por lo que debe ser programado el primero. En base a esto, la secuencia de operaciones y la tabla de pedidos pendientes serían:

$$P_2 - P? - P? - P? - P?$$

“Iteración 2”:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	5	-	9	3	10
M ₂	②	-	7	8	4

“El menor de los tiempos restantes corresponde ahora a P₁ (2 horas.) asignado a la máquina M₂, por tanto, P₁ debe ser programado al final de la secuencia, queda como sigue”:

$$P_2 - P? - P? - P? - P_1$$

“Iteración 3”:

P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
-	-	9	③	10
-	-	7	8	4

“Menor de los tiempos restantes: 3 horas, correspondiente a P_4 en M_1 , por lo que P_4 debe programarse por delante P_2 ”:

$$P_2 - P_4 - P_3 - P_5 - P_1$$

“Iteración 4”:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	-	-	9	-	10
M ₂	-	-	7	-	④

“El menor de los tiempos restantes: 4 horas de P_5 en M_2 , por lo que debe programarse por delante del P_1 ”:

$$P_2 - P_4 - P_3 - P_5 - P_1$$

“Iteración 5”:

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	-	-	9	-	-
M ₂	-	-	7	-	-

“Y al final solo queda el pedido 3 (P_3), que entre P_4 y P_5 . Entonces la secuencia queda como sigue”:

$$P_2 - P_4 - P_3 - P_5 - P_1$$

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
M ₁	5	1	9	3	10
M ₂	2	6	7	8	4

En la Figura 3.7 podemos graficar fácilmente el tiempo total para los cinco pedidos y el tiempo ocioso de cada una de las máquinas $T_T=30$ horas y $T_M=1+1+1=3$ horas.

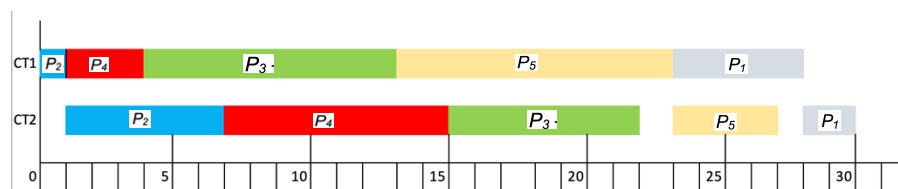


Figura 3. / Secuencia del Método Johnson planada en una Grafica de Gantt.

Asignación mediante el método Húngaro o de Khun.

(Machuca, González, & Jiménez, 1995) “En un determinado Centro de Trabajo se desea asignar cinco operaciones O_i a otras tantas máquinas diferentes M_j , de forma que cada una de ellas se ejecute en una sola máquina, y viceversa. Además, se pretende que los costos totales originados por dicha asignación sean los mínimos posibles”.

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	35	30	18	11	24
O2	32	33	21	10	21
O3	24	31	29	22	11
O4	9	16	28	35	26
O5	26	19	17	24	35

“El procedimiento que lleva a conseguir una solución óptima para realizar la asignación se compone de las siguientes fases”:

“Fase 1. Obtención de ceros”.

“Se comienza el proceso por las columnas de la matriz, en cada una de ellas se elige el menor costo y se resta a todos los elementos de dicha columna. Por ejemplo, en la columna M1 el menor es el 9, en M2 es el 16, entonces al restársele al resto de la columna queda como sigue”.

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	26	14	1	1	13
O2	23	17	4	0	10
O3	15	15	12	12	0
O4	0	0	11	25	15
O5	17	3	0	14	24

“Ahora con la nueva matriz se realiza un procedimiento análogo, pero en las filas, eligiendo el elemento más pequeño de cada una de ellas y restándoselo. Por ejemplo, en la O1 el número menos es el 1 que aparece dos veces en M3 y M4, los cuales se convierten en cero.

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	25	13	0	0	12
O2	23	17	4	0	10
O3	15	15	12	12	0
O4	0	0	11	25	15
O5	17	3	0	14	24

“Fase 2. Búsqueda de la solución óptima”.

“En la tabla anterior se toma la fila con menor número de ceros, iniciando de arriba hacia abajo, es decir O1, pero como tiene dos ceros, entonces se pasa a la O2, se encuadra el único cero y se busca si hay ceros en la columna del cero encuadrado y se tachan (en este caso se tacha la O1M4, y así se va cada fila con un solo cero. Se continúa el proceso con las demás filas (de menor a mayor número de ceros) hasta que todos los ceros de la tabla

estén enmarcados o tachados. Si por ejemplo ya no hay filas con un solo cero, se procede a buscar filas que tengan un solo cero que no esté tachado”.

“Cuando se está enmarcando un cero 0, significa que se está asignando esa máquina para esa operación; por ello, es lógico comenzar por las de menor número de ceros, ya que son las que tienen menos posibilidades de asignaciones válidas”.

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	25	13	4	12	12
O2	23	17	4	0	10
O3	15	15	12	12	0
O4	0	17	11	25	15
O5	17	3	0	14	24

“Fase 3. Obtención de un conjunto mínimo de filas y columnas que contienen todos los ceros”.

- “Se marca (x) aquellas filas que tengan puros ceros tachados ~~0~~ (la única fila que tiene esto es la O1)”.
- “En una fila marcada, se marca cada columna que tenga un cero tachado. (en este caso, M3 y M4)”.
- “Las columnas marcadas buscan ceros encuadrados, se marcar su fila (O2 y O5), entonces se marcan estas dos filas también”.

	M1	M2	M3	M4	M5	
O1	25	13	4	12	12	X
O2	23	17	4	0	10	X
O3	15	15	12	12	0	
O4	0	17	11	25	15	
O5	17	3	0	14	24	X
			X	X		

“Se repiten los pasos b y c hasta que no sea posible marcar ninguna línea (en nuestro caso las nuevas filas marcadas O2 y O5, no hay más ceros tachados, por lo tanto, allí se detiene)”.

“Trazar una raya sobre las filas no marcadas y sobre las columnas marcadas”.

	M1	M2	M3	M4	M5	
O1	25	13	4	12	12	X
O2	23	17	4	0	10	X
O3	15	15	12	12	0	
O4	0	17	11	25	15	
O5	17	3	0	14	24	X
			X	X		

“Fase 4. Desplazamiento de algunos ceros”.

“Las asignaciones que faltan deben estar en los elementos no tachados de la tabla y, dentro de ellos, habrá que elegir el de menor costo con objeto de transformarlo en un cero.”

Para conseguirlo, en la tabla parcial, formada por los elementos no atravesados por ninguna línea, se resta de cada uno el menor de ellos; a continuación, se suma dicho número a los elementos situados en la intersección de dos líneas”.

“Siguiendo las instrucciones, el 3 es el elemento menor (O5 - M2). Sobre ella pasa de nuevo La Fase 2, y si ello revela que se ha llegado a la solución óptima, el proceso habrá terminado; si no es así, se dará otra vuelta por las Fases 3 y 4 hasta conseguirla”.

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	22	10	0	0	9
O2	20	14	4	0	7
O3	15	15	15	15	0
O4	0	0	14	28	15
O5	13	0	0	14	21

	M1	M2	M3	M4	M5
O1	22	10	0	X	9
O2	20	14	4	0	7
O3	15	15	15	15	0
O4	0	X	14	28	15
O5	13	0	X	14	21

“En nuestro caso se han enmarcado los ceros primeramente en O3 y O2 (por tener un solo cero), luego en, O1, O5 y O4, llegando la solución óptima”.

“Para calcular el costo de la solución obtenida, CT , se suman los costos correspondientes de la primera tabla respecto a las asignaciones elegidas con cada cero encuadrado”:

$$CT = 18 + 10 + 11 + 9 + 19 = 67$$

3.3.4 Diseños de los procesos.

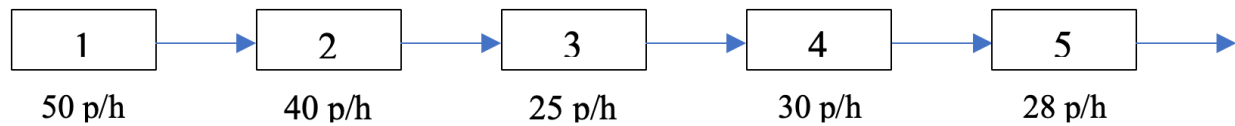
El objetivo de diseñar un proceso está en función de transformar algún bien o servicio con la mayor utilidad posible. Los procesos pueden ser de muchos tipos. Si es obtener gasolina o tequila, su proceso será químico para transformar a base de destilaciones un producto útil al consumidor. Si es de aparatos eléctricos o electrónicos, sus procesos tendrán una serie de etapas de ensamble de componentes hasta llegar al producto terminado y demandado por el consumidor.

Todos los tipos de procesos se enfocarán a agregarle valor al producto en cada etapa hasta llegar a lo que el cliente demanda.

Al analizar la capacidad, en la vida real, nos encontramos que no todos los procesos tienen el mismo tiempo de ejecución. Por muy balanceados que estén las etapas de los procesos, siempre habrá restricciones entre ellos.

Una restricción es un cuello de botella. Ejemplos de ello son: cuando se visita alguna planta, se descubrirá que siempre hay acumulación de inventarios en alguna etapa. Cuando va uno al supermercado, al banco, pagos de licencias, siempre habrá colas esperando pagar o hacer trámites. Esas son las restricciones o cuellos de botella que se deben atacar o eliminar.

Veamos un ejemplo: Un proceso tiene 5 etapas, cada una de ellas tiene su capacidad en piezas/hora. Cual es la capacidad de salida de todo el proceso.



Si analizamos cada uno de los procesos, descubriremos que el proceso [3] es el más lento, por lo tanto, se considera la restricción de todo el sistema. Si el proceso [1] entrega 50 piezas al proceso [2], éste no podrá procesar en una hora solo 40 piezas que es su capacidad y el restante se quedará de inventario. Así mismo si el proceso [2] solo puede entregar 40 piezas al proceso [3] entonces habrá un acumulado de 15 piezas por hora como inventario. El proceso 3 solo puede entregar 25 piezas cada hora al proceso [4], aunque el proceso [4] tiene una capacidad mayor de 30 piezas por hora. 25 piezas cada hora es lo que le va estar llegando al proceso [5] porque el proceso 4 solo puede procesar lo que le llega del proceso [3].

Conclusión: todo el sistema solo podrá procesar 25 piezas por hora. Es decir, el proceso tiene la capacidad de procesar lo que el cuello de botella demanda, como se ve en la siguiente figura. En todos los procesos es el cuello de botella el que domina.

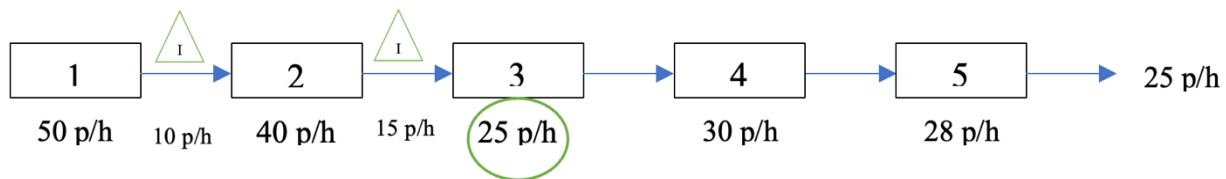


Figura 3. 8 Capacidad de todo el sistema, en donde domina el cuello de botella.

Ahora veamos otro proceso administrativo que propone (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, Administración de Operaciones, 2008).

“Los gerentes del First Community Bank quieren acortar el tiempo que se necesita para tramitar y aprobar las solicitudes de crédito de los clientes. El diagrama de flujo de este proceso consiste en varias actividades, cada una de las cuales realiza un empleado diferente del banco, como se muestra en la Figura 3.9”.

“Suponiendo que no hay ningún tiempo de espera entre los pasos, ¿cuál de estos es el cuello de botella? A la gerencia también le interesa conocer el máximo número posible de cuentas de préstamo que el banco puede terminar de procesar en una jornada de cinco horas”.

Solución:

Se busca primero el cuello de botella, encontrándose en el paso 2 (20 min).

Se necesitan $10 + 20 + \text{máximo } (15, 12) + 5 + 10 = 60$ minutos para completar una solicitud de préstamo aprobada.

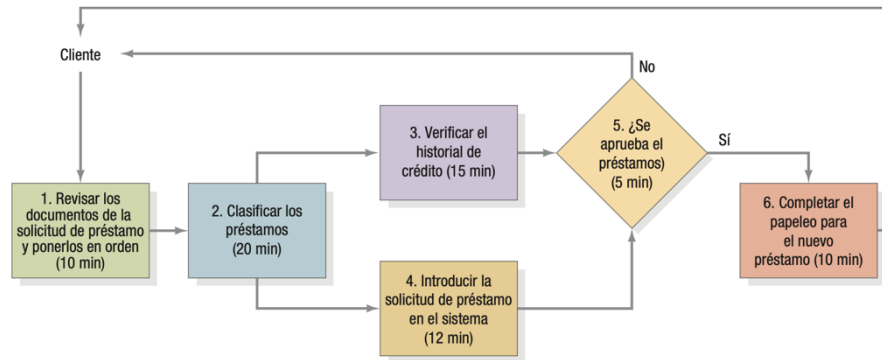


Figura 3. 9 Procesamiento de solicitudes de préstamo de First Community Bank.

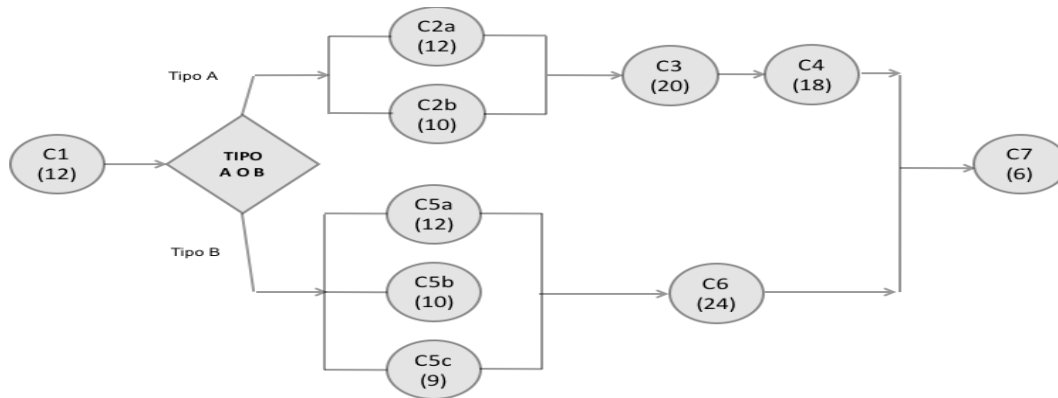
No todos los procesos se desarrollan con fluidez, el tiempo de espera supuestamente debe ser más de 60 minutos, pero puede cambiar debido a que la llegada de solicitudes de crédito no llega uniformemente, unas pueden llegar al mismo tiempo y en algunos minutos no pasa nada.

Estos diagramas se pueden simplificar más fácilmente viendo el siguiente ejercicio:

Ejercicio

La siguiente figura muestra el flujo de un proceso en donde se procesan contratos de telefonía celular. Después del paso C1, los clientes del tipo A avanzan a cualquiera de las dos estaciones de trabajo C2-a o C2-b y de ahí, pasan en C3, continúan con el paso C4 y terminan en el paso C7. Después del paso C1, los clientes del tipo B avanzan a cualquiera de las tres estaciones de trabajo C5-a, C5-b o C5-c y continúan con los pasos C6 y C7. Los números entre paréntesis son los minutos que se necesitan para procesar una cliente.

- ¿Qué capacidad tiene el flujo del proceso de telefonía celular en función del número de clientes tipo A que reciben atención en una hora? Suponga que no hay clientes esperando en los pasos C1 y C7.
- ¿Qué capacidad tiene el flujo del proceso de telefonía celular en función del número de clientes tipo B que reciben atención en una hora? Suponga que no hay clientes esperando en los pasos C1 y C7.
- Si 25% de los clientes son tipo A y 75% son tipo B, ¿qué capacidad promedio tiene el taller de costura en términos de clientes por hora?
- ¿Dónde esperaría usted que las clientes tipo A se toparan con filas de espera, suponiendo que no hubiera clientes tipo B en el taller?
- ¿Dónde esperaría usted que los clientes tipo B se toparan con filas de espera, suponiendo que no hubiera clientes tipo A en el taller?
- ¿Cuánto tardaría en completar el proceso Tipo A y cuánto el tipo B?



Solución:

- C3 es el proceso más lento (20) en Tipo A.
- C6 (24) en Tipo B
- $Tipo A = \frac{60}{20}(0.25) = 0.75$. $Tipo B = \frac{60}{24}(0.75) = 1.875$ $0.75 + 1.875 = 2.6$ clientes/h
- En C3 se harían filas por ser el cuello de botella.
- En C6 por ser la restricción.
- Tipo A = $12 + \text{mayor}(12+10) + 20 + 18 + 6 = 68$ minutos
Tipo B = $12 + \text{mayor}(12+10+9) + 24 + 6 = 54$ minutos

3.4 Herramientas para la planeación de la capacidad.

3.4.1 Modelos de líneas de espera.

(Krajewski, Ritzman, & Malhotra, Administración de Operaciones, 2008) “Se conoce como **fila de espera** por ejemplo una hilera formada por uno o varios “clientes” que esperan a recibir un servicio. Los clientes pueden ser personas u objetos inanimados, como máquinas que requieren mantenimiento, pedidos de mercancías en espera de ser enviados, o artículos del inventario en espera de ser utilizados. Las filas de espera se forman debido a un desequilibrio temporal entre la demanda de un servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo”.

Supongamos que el área de urgencias de un hospital, los enfermos llegan a razón de 10 personas por hora, pero siempre hay filas sabiendo que la capacidad de los médicos es atender 16 personas por hora. La pregunta es ¿a qué se debe esto?, la respuesta está en que los enfermos llegan a muy variadas horas y hay momentos que no llega nadie y, por otro lado, pueden estar llegando a la misma hora bastantes enfermos como para saturar a los doctores, por lo tanto, se hacen filas de espera. Lo mismo pasa en el tránsito vehicular, hay ciertas horas del día, que son “llamadas horas pico”, en que las vialidades están saturadas por el tráfico. Esto se debe a que las horas pico son las horas de entrada al trabajo, o a la escuela, etc., entonces se forman hileras de automóviles, cerca de estos centros de trabajo o de escuelas.

Características de las llegadas al servicio:

(Render & Heizer, Principios de Administración de Operaciones, 1996, pág. 353) nos explica lo siguiente:

“Sistema de colas de canal sencillo, con un servidor, es tipificado por el auto-banco que tiene abierto únicamente un cajero, o por el servicio en auto de un restaurant de comida rápida”.

“Por otro lado, si el banco tuviera varios cajeros de guardia y cada clientes esperara en una línea común para el primer cajero disponible, entonces se tendría un sistema de colas **multicanales** trabajando”.

“El sistema de colas de fases sencilla es aquel donde el cliente recibe el servicio de una sola estación y después abandona el sistema”.

“Distribución del tiempo de servicio. Los patrones de servicio son como los patrones de llegada, pueden ser constantes o aleatorios. Si el tiempo de servicio es constante, toma la misma cantidad de tiempo al atender a cada cliente. Este es el caso en una operación de servicio realizada por una máquina, tal como en el lavado automático de automóviles”.

Los modelos más complejos de la teoría de colas también pueden desarrollarse a través de la simulación.

(Krajewski, Ritzman, & Malhotra, Administración de Operaciones, 2008) Cómo la llegada de los clientes es aleatoria, entonces debemos considerar una distribución de llegadas probable. Esta se define por la siguiente fórmula:

$$P_n = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T}$$

Donde:

P_n = probabilidad de n llegadas en T periodos de tiempo

λ = número promedio de llegas de clientes por periodo

$e = 2.7183$

Ejemplo:

Cálculo de la probabilidad de llegadas de clientes.

Sigue (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, Administración de Operaciones, 2008)

“La gerencia está rediseñando el proceso de atención a clientes en una gran tienda departamental. Es importante atender a cuatro clientes. Los clientes se presentan en el mostrador a razón de 2 clientes por hora. ¿Qué probabilidad hay de que se presenten cuatro clientes durante una hora cualquiera?”

“En este caso, $\lambda=2$ clientes por hora, $T = 1$ hora, y $n = 4$ clientes. La probabilidad de que lleguen cuatro clientes en una hora cualquiera es”:

“Distribución de Poisson de la llegada de los clientes”:

$$P_n = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} = \frac{(2 \times 1)^4}{4!} 2.7182^{-2(1)} = 0.090 = 9\%$$

Donde $e = 2.7182$

“Significa que hay muy poca probabilidad de que lleguen cuatro clientes al mismo tiempo en esa hora. La gerencia debe pensar en proporcionar capacitación adicional al empleado para reducir el tiempo que se necesita para atender la solicitud de un cliente”.

3.4.2 Árboles de decisión.

Algunas veces se requiere tomar alguna decisión entre algunas alternativas. Para encontrar la solución más viable se usan los árboles de decisión, que sirven para tener un entendimiento global del problema y luego encontrar la solución al problema.

Los árboles de decisión se presentan a manera de esquema en los que se incluyen una secuencia de pasos y también las derivaciones para cada uno de ellos.

(Jacobs & Chase, 2014) dice: “Una manera conveniente de evaluar la decisión de invertir en capacidad es emplear árboles de decisión. El formato de árbol no solo sirve para comprender el problema, sino también para encontrar soluciones. Un *árbol de decisión* es un esquema que representa la secuencia de pasos de un problema, y las circunstancias y consecuencias de cada paso. En años recientes se desarrollaron algunos paquetes comerciales de software para elaborar y analizar árboles de decisión. Estos paquetes facilitan y agilizan el proceso”.

A continuación, se muestra un ejemplo:

Ejemplo: (Heizer & Render, 2004)

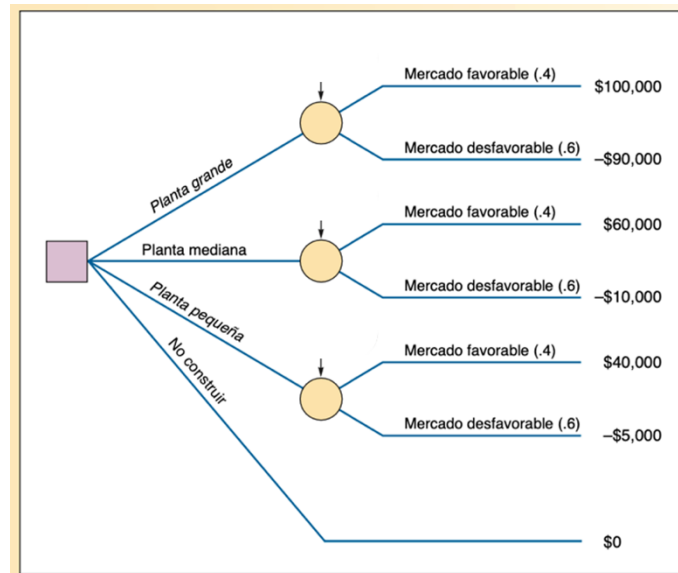
“Aplicación de árboles de decisiones en las decisiones de capacidad”.

“Southern Hospital Supplies, una compañía que fabrica batas de hospital, planea aumentar su capacidad. Sus alternativas principales son: 1) no construir una planta pequeña”, 2) construir una planta mediana o 3) construir una planta grande. En la nueva instalación se produciría un nuevo tipo de bata, cuya comercialización potencial se desconoce actualmente.

- “Si se construye una planta grande y existe un mercado favorable, podría tenerse una utilidad de \$100,000. Un mercado desfavorable significaría una pérdida de \$90,000”.
- “Sin embargo, con una planta mediana las utilidades posibles con un mercado favorable llegarían a \$60,000. El resultado de un mercado desfavorable sería una pérdida de \$10,000”.
- “Por su parte, las utilidades en una planta pequeña serían \$40,000 con un mercado favorable y una pérdida de sólo \$5,000 en condiciones desfavorables”.

Tabla 3. 1 Árbol de decisión (Heizer & Render, 2004).

- Existe la alternativa, por supuesto, de no construir”.



“De acuerdo con una investigación de mercado reciente, existe una probabilidad de 40% ó 0.4 de un mercado favorable; esto significa que también existe una probabilidad de 60% ó 0.6 de que el mercado sea desfavorable. Con esta información se selecciona la alternativa que daría como resultado el mayor valor monetario esperado (EMV, Expected Monetary Value)”:

$$\text{EMV (planta grande)} = (0.4) (\$100,000) + (0.6) (-\$90,000) = -\$14,000$$

$$\text{EMV (planta mediana)} = (0.4) (\$60,000) + (0.6) (-\$10,000) = +\$18,000$$

$$\text{EMV (planta chica)} = (0.4) (\$40,000) + (0.6) (-\$5,000) = +\$13,000$$

$$\text{EMV (no construir)} = \$0$$

“Con base en el criterio de EMV, Southern debe construir una planta mediana con ganancias de 18,000”.

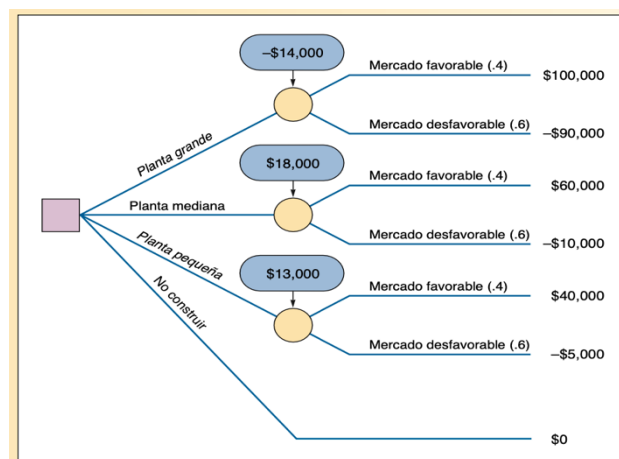


Tabla 3. 2 Árbol de decisión resuelto (Heizer & Render, 2004).

3.4.3 Simulación.

La simulación nos la encontramos en todos lados, es un aspecto natural del ser humano, sirve muchas veces para representar una situación futura, por ejemplo, los astronautas deben pasar por pruebas simuladas de resistencia a las fuerzas G que experimentarán al desprenderse de la gravedad terrestre y se describe a una medida de aceleración o incremento en la velocidad que sufren una persona a causa de la gravedad.

Hay muchos simuladores de todo tipo, como las competencias de autos de carreras, o simular viajar por rutas y lugares frente a una pantalla, haciendo ejercicio estático en una bicicleta.

(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005) dice: “La simulación es una técnica que puede utilizarse para formular y resolver una amplia gama de modelos. Su aplicación es tan amplia que se ha dicho “cuando todo lo demás falle, utilice la simulación”. Los modelos de simulación incluyen juegos empresariales, simuladores, análogos y simuladores de vuelo que, en todos los casos, representan una situación real en términos de un modelo”.

(Meyers & Stephens, 2006) Los paquetes de simulación que hoy se encuentran disponibles ya no requieren una formación sólida en matemáticas o lenguajes de programación con el fin de realizar simulaciones del mundo real.

Solo se quería dar a conocer brevemente algo de Simulación en este apartado de Administración de Operaciones I, ya que se ve ampliamente en la materia de Simulación INC-1027 de la retícula de Ingeniería Industrial.

3.5 Teoría de Restricciones.

Un sistema de producción tiene etapas o procesos para conseguir el producto final. Los cuellos de botella son limitaciones que evitan lograr ese objetivo, por lo tanto, esta sección se enfocará primordialmente en solucionarlos.

Esta teoría fue dada a conocer en un libro llamado “La Meta” (The Goal) por el físico de origen israelí Eliyahu M. Goldratt. En esta teoría Goldratt propone 5 pasos para aplicarla. Es una metodología basada en los cuellos de botella, que son las restricciones de cualquier sistema.

El libro “La Meta” está escrita a manera de novela, para hacerlo más atractivo al lector. Mezcla las actividades de una compañía que tiene muchos problemas y que está a punto de cerrar, por tener pocas ganancias, por no decir pérdidas y sólo le dan tres meses para solucionarlo y también te envuelve en los problemas que tiene con su esposa el autor principal de la novela (Alex Rogo), debido a que pasa la mayor parte del tiempo en la compañía y poco en su casa.

Esta novela sirvió para hacer un video llamado “La Meta”, puede verse en Internet, en YouTube u otras plataformas.

Goldratt siempre pregunta ¿cuál es la meta de una compañía? La respuesta es muy obvia, es ganar dinero.

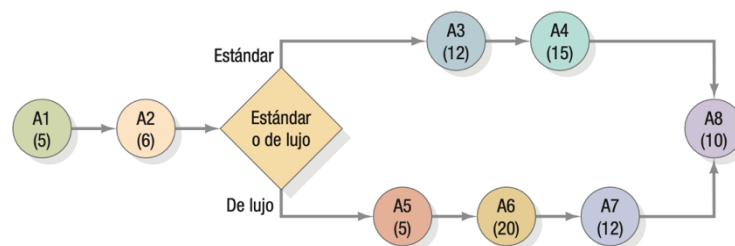
Los cinco pasos de la teoría de restricciones, basados en los cuellos de botella, son los siguientes:

1. Identifique las restricciones.

- a. Describa primero el proceso de producción y mida los tiempos de cada uno de los procesos. Con esos tiempos, escoja el proceso que dura más, este es el cuello de botella.
 - b. Otra manera de describirlo en un ambiente de producción, es que en este proceso se acumula más inventario que los demás.
- 2. Aprovechar todos los recursos.**
 - a. Si el cuello de botella está limitando las ganancias de la compañía, entonces toda la atención debe estar enfocada en esa parte. Aprovechar los recursos se refiere a no desperdiciar el tiempo en ese cuello botella. Es decir, evitar que ese cuello botella esté sin trabajar.
- 3. Establecer prioridades.**
 - a. Por lo tanto, el cuello botella es la más alta prioridad de la compañía, y todos los demás procesos deben estar enfocados a alimentar el cuello botella para que no le falte nunca material.
- 4. Elevar la restricción.**
 - a. Si los pasos anteriores se cumplen, el siguiente paso es buscar la manera de elevar la restricción, ya sea, comprando, sustituyendo o agregando una máquina más para darle más capacidad al cuello botella.
 - b. Si la restricción no está en el sistema, debe ser fuera del sistema. En este punto es muy probable que ya se entreguen las órdenes de producción a tiempo, pero si se quieren más ganancias se necesitará buscar elevar las ventas sin sobrepasar la capacidad de la empresa.
- 5. Volver al paso uno.**
 - a. Este paso, simplemente dice que se debe volver al paso uno para descubrir nuevas restricciones y resolverlas en los siguientes pasos en un proceso de mejora continua.

Cuestionario de evaluación.

- ¿Qué tipo de capacidad es la máxima producción que se puede lograr en un proceso o instalación, bajo condiciones ideales?
- ¿Por qué en una economía de escala el fabricante puede reducir sus precios?
- ¿Qué tipo de capacidad es el más alto nivel de producción que una compañía puede sostener razonablemente con horarios realistas de trabajo para sus empleados y el equipo que ya tiene instalado?
- ¿Qué es un Colchón de Capacidad?
- Si funcionara las 24 horas en condiciones ideales, el departamento de manufactura de un fabricante de transmisiones automotrices podría terminar 150 transmisiones por día. La gerencia considera que una tasa de producción de sólo 100 transmisiones al día es lo máximo que podría producir, económicamente por un largo periodo de tiempo. En el presente, el departamento produce sólo 80 transmisiones al día.
 - ¿cuál es la utilización pico?
 - ¿cuál es la utilización efectiva?
- Una compañía puede tener una capacidad de diseño de 4,000 controles de temperatura del hogar, pero su sistema de producción tiene la capacidad de 3,000 controles, sin embargo, la producción real es de tan solo 3,600 controles.
 - Calcule la eficiencia respecto a la capacidad de diseño.
 - Calcule la eficiencia respecto a la capacidad del sistema.
- Bill's Car Wash ofrece dos tipos de lavado: estándar y de lujo. El flujo del proceso para ambos tipos de clientes se muestra en el siguiente diagrama. Los dos tipos de lavado se procesan primero en los pasos A1 y A2. El lavado estándar continúa en los pasos A3 y A4, mientras que el de lujo se procesa en los pasos A5, A6 y A7. Las dos ofertas terminan en la estación de secado (A8). Las cifras entre paréntesis indican los minutos que se requieren para que esa actividad procese un cliente, (Lee J. Krajewski, 2007).
 - ¿Qué paso es el cuello de botella en el proceso de lavado de automóviles estándar y de lujo?
 - ¿Qué capacidad (medida en función de clientes atendidos por hora) tiene Bill's Car Wash para procesar clientes estándar y de lujo? Suponga que no hay clientes esperando en los pasos A1, A2 y A8.
 - Si 70% de los clientes son estándar y 30% de lujo, ¿cuál es la capacidad promedio del lavado de automóviles en términos de clientes por hora?



Tema 4

Administración de Inventarios

4.1 Definición y tipos de inventarios.

En el lenguaje empresarial al inventario se le llama de varias maneras como “existencias”, “stock”, almacenamiento, colchón, etc.

Partiremos de la pregunta: ¿Qué es el inventario? Son parte del inventario todos aquellos bienes y materiales que se utilizan en la fabricación y en la comercialización, desde la materia prima, productos en proceso de transformación, almacenados temporalmente durante su manufactura, subensambles y productos terminados que esperan ser embarcados a su destino hacia distribuidores al mayoreo o al menudeo.

Entonces los inventarios pueden definirse como la cantidad de artículos, mercancías y otros recursos económicos que son almacenados, se mantienen inactivos, se están procesando en instalaciones de producción o están en tránsito en un instante dado.

Por lo general la demanda es una variable que no se puede controlar, pero si la cantidad y frecuencia del abastecimiento de artículos.

Los inventarios se pueden clasificar de acuerdo a sus funciones como:

Inventarios de amortiguamiento. Cuando la demanda es muy variable este tipo de inventarios se usan como inventarios de seguridad. Si las ventas suben inesperadamente, hay un colchón de existencias para amortiguar este pico de la demanda.

Inventarios de desacoplamiento. Separa la demanda de las actividades operativas de manufactura. Es decir, las actividades de producción se hacen más independientes de las ventas. Algunas empresas tienen esta política de usar inventarios de desacoplamiento aún con los grandes costos de mantenimiento de existencias.

Inventarios estacionales. Son aquellos que se usan para reducir costos de despido de trabajadores cuando no hay demanda de artículos. Es decir, trabajan todo el año haciendo inventarios para la época de ventas. Los juguetes es un ejemplo de ello; estos solo se venden en épocas navideñas y para entonces hay suficiente inventario para cubrir las necesidades de la época.

Inventarios de anticipación. Son los inventarios que permiten a una empresa determinada hacer frente por adelantado a una emergencia en la demanda o a una oferta insuficiente. Pueden ser ocasionados por cierre de la compañía por vacaciones, los periodos de ventas altas, promociones en las ventas y hasta posibles huelgas, son situaciones que pueden llevar a la empresa a que compre o produzca artículos terminados, materias primas, componentes, materiales o suministros adicionales.

Inventario compensatorio. Es el inventario que se compra o fabrica para sacar ventaja de los costos actuales o para evitar por adelantado aumentos sustanciales en los precios.

Inventarios de tamaño de lote (inventario cíclico). Son aquellos que se piden por tamaño de lote por ser más económico pedirlo así que cuando sea necesario cubrir la demanda. Hay casos que una empresa está fabricando arneses para automóviles, por ejemplo, y le es muy lento fabricarlos a la velocidad en que salen los automóviles. Es por eso que se fabrican por lotes y cambian las líneas de producción rápidamente a otros lotes para otros modelos.

Inventarios de transportación (en tránsito o de conducto). Son todos los artículos en movimiento de una etapa a la siguiente. Hay una tendencia natural de no reconocer el costo de transportación. Este tipo de inventarios requieren de capital y sin duda están en riesgo de sufrir algún daño. Los costos son mayores cuando hay empresas que siempre tiene inventarios en sus redes de distribución entre localidades, ya que la empresa asume la mayor parte de los costos, excepto cuando ya estos inventarios están vendidos, aunque aquí se puede estar incurriendo en costos de aseguramiento, ya sea por el distribuidor o la empresa cliente.

Partes de servicio. Son todas aquellas partes de refacción que son sumamente importantes tenerlas en el almacén de mantenimiento. Los ahorros que se obtienen al evitar su indisponibilidad, justifican el mantenimiento de una parte de servicio de inventario durante un largo periodo. Un buen ejemplo es la llanta de repuesto que todos llevamos en la cajuela de nuestro automóvil, quizás en años no la usemos, pero el sacarnos de apuros en un lugar donde no hay apoyo, justifique plenamente su uso.

4.2 Ventajas y desventajas de los inventarios.

Los inventarios de materias primas sirven como entradas al proceso de producción y los inventarios de productos terminados sirven para satisfacer la demanda de los clientes. Ya que estos inventarios representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones con respecto a las cantidades de inventarios son importantes. Los modelos de inventario y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para estas decisiones.

En muchas empresas en todo el mundo utilizan el almacenamiento de inventario para ser vendido tiempo después, no importa si son empresas al mayoreo o menudeo. ¿Cómo se toman decisiones en una instalación de este tipo sobre su "política de inventarios", es decir, cuándo y cómo se reabastece? En una empresa pequeña, el administrador puede llevar un control de su inventario y tomar estas decisiones. Sin embargo, ¿cómo puede esto no ser factible incluso en empresas chicas?, muchas compañías han ahorrado grandes sumas de dinero al aplicar la "administración científica del inventario".

La importancia de los inventarios radica en que estos sirven para suavizar las irregularidades de la demanda. Es común que el pronóstico que se haga de la demanda pueda no ser exacto en algunos casos, por circunstancias que están fuera de control del administrador, como devaluaciones, problemas políticos, alguna guerra, etc.

Los inventarios son un capital, que por lo general necesita espacio para ser almacenado, así mismo requiere personal para ser manejado, contabilizado, cuidado, asegurado y que algunas veces su manejo es delicado o con el tiempo se deteriora o se hace obsoleto, etc.

4.3 Administración de los inventarios.

Existen diferentes costos importantes relacionados con el inventario. Los costos de preparación, costos de mantenimiento y costos por faltantes de inventario.

4.3.1 Tipos de costos.

Lo siguientes costos son entre muchos más, lo más importantes.

Costos de preparación. También llamados costos de pedir o alistar. Son los costos que incluyen actividades para poder emitir una orden de producción o una orden de compra y se relacionan con el reabastecimiento del inventario. Incluyen los costos de requisición, costos por emitir y darle seguimiento a las órdenes de compras, costos relacionados por inspección de entrada y acomodar los artículos en almacén, pagos al proveedor, contabilidad, costos administrativos sobre papelería, suministros, etc. Los costos más altos en los costos de preparación son los salarios al personal en estas actividades, multiplicado por la cantidad de personal involucrado.

Costo de mantenimiento. Estos costos se dan por el simple hecho de que existan artículos en el inventario y dependen del periodo de tiempo que estén allí. Estos costos se relacionan con los costos de deterioro, obsolescencia, depreciación, robos, seguros e impuestos; costos de almacén por manejo, seguridad o vigilancia, refrigeración, espacio y requerimientos para mantener los registros. Los costos de mantenimiento se expresan como el costo de mantener una unidad en inventario por unidad de tiempo, y es generalmente de 1 año.

Costos de faltantes de inventario. También llamados costos de desabasto, son costos de quedarse agotado el inventario o simplemente “cortos”. Son las penalizaciones en las que se incurre cuando se queda corto en los materiales que se requieren. Estos costos generan otros costos por pérdida de reputación y confianza por entregas insuficientes, pérdida de prestigio y ventas. En el peor de los casos pérdida de clientes. Algunas empresas que trabajan en proyectos totalmente programados (calendarizados), hacen contratos firmados con las empresas proveedoras, obligándolas a sujetarse a las cláusulas de penalización diarias, si incumplen o no entregan a destiempo.

4.3.2 Clasificación ABC.

Este sistema se basa en la Ley de Pareto, su autor Vilfredo Pareto notó que en cualquier sociedad tienen el 80% de la riqueza, la tienen una minoría, y por otro lado el 20% de la riqueza la tienen una mayoría; de la misma manera, se aplica a las compañías, es decir, que cada empresa tiene unos pocos productos, que es la mayor cantidad de dinero en el inventario y que la gran mayoría de los productos que una empresa tiene es la menor cantidad de dinero invertido. El Principio o Ley de Pareto establece pues, que hay pocos artículos importantes y muchos insignificantes. Entonces se le puede llamar la Ley del Menos Significativo aplicándola al inventario en las empresas.

Con esta base de la administración del inventario las empresas pueden establecer políticas de inventario para darle mayor importancia a los artículos más importantes o más caros y no a los muchos insignificantes, es decir, cuidar más los artículos costosos.

En la administración de los inventarios se puede decir entonces que hay tres clases de artículos: A, B y C. Los artículos A por lo general constituyen el 20% de la cantidad de los artículos y el 80% del valor monetario, significa que es la menor cantidad, pero la más significativa en cuanto a su valor. Por otro lado, están los artículos de clase B que representan al 30% de la cantidad y solo un 15% del valor. Y al final están los artículos de clase C, que son aquellos que representan el 50% en cantidad pero que tienen únicamente el 5% del valor monetario.

<u>Artículo</u>	<u>% cantidad</u>	<u>% en valor</u>
A	20%	80%
B	30%	15%
C	<u>50%</u>	<u>5%</u>
	100%	100%

Para ilustrar mejor como se maneja la administración de inventarios con el análisis ABC, veamos a continuación un ejemplo.

Ejemplo de “Clasificación ABC”

Una empresa de la localidad desea saber cómo administrar mejor sus inventarios usando el análisis ABC. El gerente organizó diez artículos para inventario como sigue:

Tabla 4. 1 Inventario para clasificar en el Sistema ABC.

Artículo	% del número de unidades	Unidades	Costo unitario	Costo por artículo	% del costo por artículo
1		1,200	\$100.00		
2		400	\$150.00		
3		1,500	\$18.00		
4		355	\$40.00		
5		1,110	\$13.00		
6		600	\$13.95		
7		1,985	\$0.75		
8		105	\$9.00		
9		1,305	\$0.40		
10		266	\$0.60		
	110325.0%	8,826.00	\$345.70	\$0.00	0.0%

Se debe obtener el porcentaje del número de unidades por cada artículo, sacando el volumen anual de unidades por cada artículo. Para el artículo “1” será $(1,200/8,826)*100= 13.6\%$ y así sucesivamente. Luego se saca el costo total por artículo y el porcentaje por cada artículo, quedando como sigue:

Tabla 4. 2 Llenado por volumen y costo, Sistema ABC.

Artículo	% del número de unidades	Unidades	Costo unitario	Costo por artículo	% del costo por artículo
1	13.6%	1,200	\$100.00	\$120,000.00	48.6%
2	4.5%	400	\$150.00	\$60,000.00	24.3%
3	17.0%	1,500	\$18.00	\$27,000.00	10.9%
4	4.0%	355	\$40.00	\$14,200.00	5.7%
5	12.6%	1,110	\$13.00	\$14,430.00	5.8%
6	6.8%	600	\$13.95	\$8,370.00	3.4%
7	22.5%	1,985	\$0.75	\$1,488.75	0.6%
8	1.2%	105	\$9.00	\$945.00	0.4%
9	14.8%	1,305	\$0.40	\$522.00	0.2%
10	3.0%	266	\$0.60	\$159.60	0.1%
	100.0%	8,826.00	\$345.70	\$247,115.35	100.0%

Una vez obtenidos todos los datos para cada uno de los artículos, el siguiente paso es clasificar los artículos en A, B, o C. Por ejemplo, el artículo “1” y “2” sumados representan 72.9% en valor y el 18.1% en cantidad. Estos dos artículos son de clase A, el artículo “3”, “4” y “5” suman 22.4% del valor y 33.6% (clase B) y al final quedan los artículos “6”, “7”, “8”, “9” y “10” que sumados dan 4.7% del valor y 48.3% en cantidad.

Tabla 4. 3 Clasificación de los inventarios ABC.

Artículos	# artículos	% del total del valor \$	% del total de artículos
A	“1”, “2”	72.90%	18.10%
B	“3”, “4”, “5”	22.40%	33.60%
C	“6”, “7”, “8”, “9”, “10”	4.70%	48.30%
		100%	100%

El administrador, por lo tanto, tendrá que tener mayor cuidado de los artículos “1” y “2” pues le representan casi el 73% del valor monetario.

4.4 Modelos de inventario determinísticos.

El comportamiento de la demanda puede ser determinísticos o probabilísticos. El inventario determinístico es porque se conoce con certeza el tiempo de entrega de todos los periodos siguientes.

El periodo es igual o puede variar. Si es igual se le llama demanda estática y si varía se le llama demanda dinámica.

4.4.1 Modelos de Cantidad Óptima del Pedido.

Esta es una de las técnicas más conocidas y antiguas que se ha venido usando para controlar los almacenes. Este modelo se puede aplicar perfectamente cuando la cantidad que se ordena llega constante y puntualmente y, además, la demanda del artículo es precisa e independiente. Los únicos costos variables son los costos de ordenar (o costo de preparación) y los costos de mantenimiento o almacenamiento (costos de mantener o manejar). En este modelo no se aplican descuentos por cantidad. Aquí se evitan los faltantes, ya que las órdenes se colocan con precisión.

La figura 4.1 muestra la variación del nivel de inventario con el tiempo para el modelo EOQ (Economic Order Quantity), también llamado Q . La gráfica expresa una forma de diente de sierra, en donde la vertical representa el abastecimiento del inventario o pedido Q , mientras que la pendiente muestra tasa de consumo. El pedido se recibe en el momento en que el nivel de inventario es cero durante el tiempo de entrega (L). En ese instante se incrementa el nivel de inventario Q (el máximo nivel de inventario) y el ciclo se repite.

El administrador de inventarios busca siempre minimizar los costos totales. Este costo total lo forman el costo unitario por año (precio), el costo de ordenar una compra por año y el costo de mantener el inventario por año.

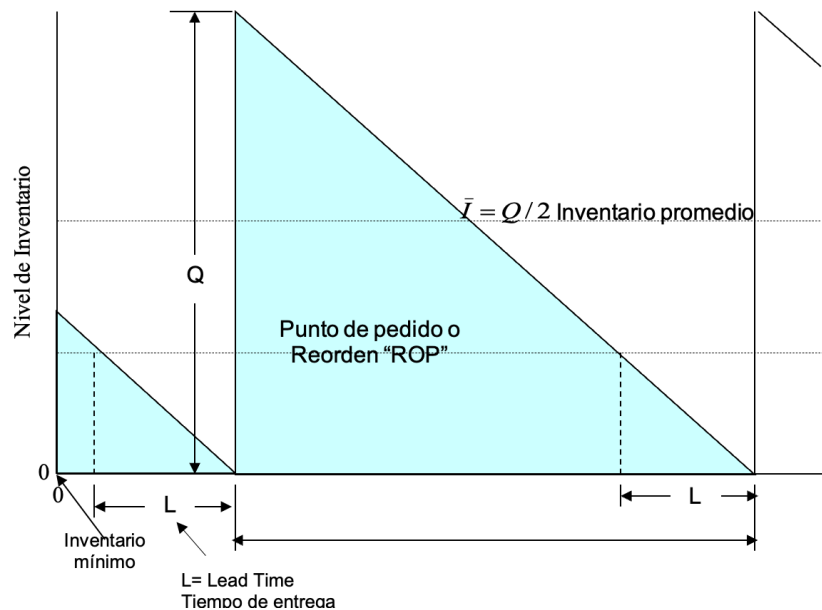


Figura 4. 1 Modelo de lote económico y como se abastece y gasta el inventario en función del tiempo.

En la figura 4.1 se grafican los costos totales, como función de la cantidad de la orden o el tamaño de lote Q .

El costo unitario por pedido para este modelo es C_uQ , es decir, C_u (costo unitario o precio unitario) se multiplica por Q que es el tamaño de lote, pedido u orden. De aquí se deduce que el inventario promedio es $Q/2$ y que el costo de mantenimiento C_m debe ser multiplicado por el inventario promedio $C_m \frac{Q}{2}$.

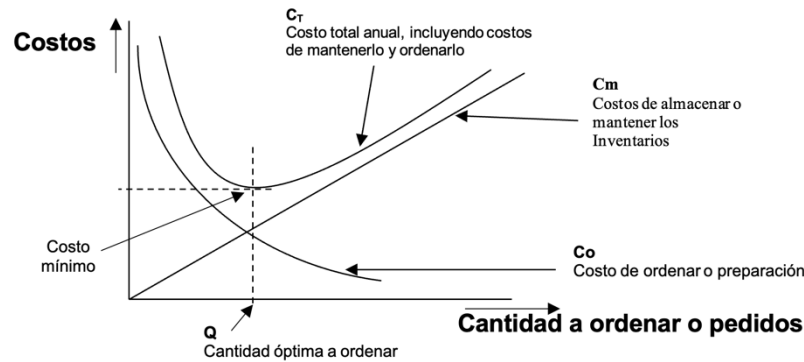


Figura 4. 2 Costo total anual en función de los costos de mantenimiento y preparación.

El número de pedidos N es la demanda entre la cantidad de pedido.

$$N = \frac{D}{Q}$$

El tiempo de un período o tiempo entre pedidos por año es: t y es igual a la orden o pedido entre la demanda anual $t = \frac{Q}{D}$, observando aquí que t es el inverso de N .

Entonces el costo total por año $C_T = \text{Costo Unitario por la demanda anual} + \text{Costo de ordenar por el número de pedidos} + \text{Costo de mantenimiento}$. Y se expresa como:

$$C_T = CuD + CoN + Cm \frac{Q}{2}$$

Sustituyendo N queda como sigue:

$$C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + Cm \frac{Q}{2}$$

Cuando aumenta la cantidad pedida, los costos de adquisición o de preparación disminuyen y los costos de existencia aumentan al paso del tiempo. Esto se describe esquemáticamente en la figura 4.3.

En la curva de costo total, en la parte inferior, coincide con el cruce del costo de preparación y el costo de inventario, a este punto se le llama la cantidad óptima a pedir.

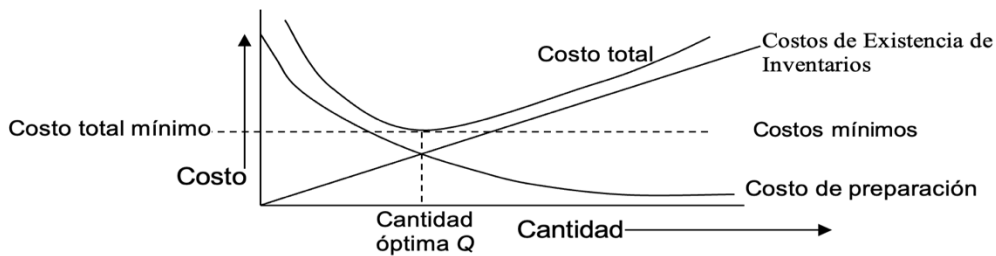


Figura 4. 3 Modelo de Lote Económico EOQ.

Si se sabe que la derivada de una función (para este caso, los costos totales C_T) es igual a la tangente y que cuando la pendiente de una recta es igual a cero (la recta es horizontal); se deduce que derivando la ecuación de los costos totales con respecto a Q y posteriormente igualando a cero, se obtendrá el punto donde los C_T sean mínimos y por consiguiente Q será óptima.

Por lo tanto, Q se determina por:

$$C_T = CuD + Co\frac{D}{Q} + Cm\frac{Q}{2} = CuD + CoDQ^{-1} + \frac{Cm}{2}Q$$

$$\frac{\partial C_T}{\partial Q} = \frac{\partial(CuD)}{\partial Q} + \frac{\partial(CoD)Q^{-1}}{\partial Q} + \frac{\partial(CmQ)}{2\partial Q} = 0$$

$$0 = -\frac{CoD}{Q^2} + \frac{Cm}{2}$$

$$2CoD = Q^2 Cm$$

$$Q^2 = \frac{2CoD}{Cm} \quad \therefore \quad Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}}$$

Otra forma de obtener esta ecuación sin tener que derivar, es cuando igualamos los costos de mantenimiento y los de ordenar, porque es allí donde se cruzan la recta del costo de mantenimiento y la curva del costo de adquisición (figura 4.3) encontrándose el costo total mínimo para una cantidad óptima de pedido. Y se define así:

$$\frac{CoD}{Q} = \frac{CmQ}{2}$$

Despejando Q

$$2CoD = CmQ$$

$$Q^2 Cm = 2CoD$$

$$Q^2 = \frac{2CoD}{Cm} \quad Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}}$$

Esta cantidad origina que el costo total sea mínimo. Es decir, cualquier otra cantidad pedida produce un costo total mayor.

Ejemplo “Modelo de Lote Económico”

Suponga que la demanda de un artículo es de 100 unidades diarias, la empresa trabaja 50 semanas al año, de lunes a viernes. El costo de almacenamiento por unidad por año es de \$1.25 dólares y el costo de ordenar una compra es de \$450 dólares. Si se considera un precio unitario de \$1 dólar y asumiendo que no se permiten faltantes y la tasa de reemplazo es instantánea, determinar:

- a. La cantidad óptima que se debe pedir (EOQ).
- b. El costo total por año.
- c. El número de pedidos por año.
- d. El tiempo entre pedidos.

Primeramente, se identificarán los datos que el problema proporciona con el fin de facilitar la solución del mismo.

$D = 25,000$ unidades por año.

$C_U = \$1.00$ por unidad.

$C_o = \$450.00$ por pedido.

$C_m = \$1.25$ por unidad por año.

Empleando las fórmulas establecidas para el modelo EOQ, se tiene lo siguiente:

- a. Se sustituyen los datos en la fórmula y se obtiene:

$$Q = \sqrt{\frac{(2 * 450 * 25,000)}{1.25}} \quad \text{Por lo tanto, la cantidad o lote óptimo a pedir es}$$

$$Q = 4242.64 \text{ unidades}$$

- b. $C_T = C_U D + C_o \frac{D}{Q} + C_m \frac{Q}{2}$ sustituyendo valores tenemos

$$C_T = (1)(25,000) + 450 \left(\frac{25,000}{4242.64} \right) + 1.25 \left(\frac{4242.64}{2} \right)$$

El costo total por año es entonces:

$$C_T = \$30,303.30$$

- c. Para la determinación del número de pedidos por año se tiene que $N = D/Q$. Sustituyendo los datos de la demanda y la cantidad económica de pedido se obtiene lo siguiente:

$$N = \frac{25,000}{4242.64} = 5.89 \text{ aproximadamente } 6 \text{ pedidos/año}$$

d. Para determinar el tiempo entre pedidos se tiene que $t = 1/N = Q/D$. Sustituyendo se tiene que el tiempo entre pedidos es:

$$t = 1/5.89 \text{ ó } 4242.64/25,000 = 0.16977 \text{ años/pedido}$$

$$\text{ó } 0.16977 \frac{\text{años}}{\text{pedido}} \left(\frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \right) = 2.037 \text{ meses / pedido}$$

para determinar en cuantas semanas se va a hacer el pedido

$$0.16977 \frac{\text{años}}{\text{pedido}} \left(\frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año}} \right) = 8.82 \text{ semanas / pedido}$$

Ejemplo para comprobar si se puede pedir diferentes cantidades.

Del ejemplo anterior, el administrador quiere comprobar si perdería dinero si hiciera 2 pedidos por año. Y también quiere saber si hace 10 pedidos por año.

Si son dos pedidos por año, el tamaño del pedido sería de $Q=12,500$ debido a $25,000/2$.

Sustituyendo en el costo total

$$C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + Cm \frac{Q}{2}$$

$$C_T = (1)(25,000) + 450 \left(\frac{25,000}{12,500} \right) + 1.25 \left(\frac{12,500}{2} \right)$$

$C_T = \$33,712.50$ comparado contra $\$30,303.30$ hay una pérdida de $\$3,409.19$ dólares en un año si se realizan dos pedidos.

$$C_T = (1)(25,000) + 450 \left(\frac{25,000}{12,500} \right) + 1.25 \left(\frac{12,500}{2} \right)$$

$C_T = \$33,712.50$ comparado contra $\$30,303.30$ hay una pérdida de $\$3,409.19$ dólares en un año si se hacen dos pedidos solamente.

Si son 10 pedidos por año, $Q=2,500$ debido a demanda anual de $25,000/10$.

$$C_T = (1)(25,000) + 450 \left(\frac{25,000}{2,500} \right) + 1.25 \left(\frac{2,500}{2} \right)$$

$C_T = \$31,062.50$ contra $\$30,303.30$, la pérdida será de $\$759.2$ dólares.

Esto confirma que todo pedido mayor o menor de $\$4,242.64$ producirá una cantidad superior a $\$30,303.30$ dólares y que $\$4,242.64$ es la cantidad optima de pedido.

4.4.2 Modelo con Descuentos.

Muchas empresas proveedoras para aumentar sus ventas, motivan utilizando la mercadotecnia de sus productos ofreciendo descuentos por cantidades en las que incluyen un costo por unidad mucho más bajo. Sin embargo, las empresas compradoras deben evaluar la situación al comprar de esta manera, ya que aumentarán los costos por almacenamiento, seguros, vigilancia y todos los costos asociados por llevar el inventario. Hay algunos costos difíciles de cuantificar como la obsolescencia, depreciación, o simplemente cambios en los diseños que hagan que estos productos, en un momento dado, ya no se puedan utilizar. Sin embargo, se producen tres resultados, uno de ellos es una disminución en el costo de los materiales comprados que se ve muy atractivo, otro sería un aumento en el costo anual de mantenimiento y otro es una disminución de los costos de preparación, debido a que hay menor número de pedidos por año. Todo esto debe considerarlo muy bien el administrador de materiales. Estos programas de descuento son muy comunes y se establecen como políticas de ventas del proveedor.

Para este modelo no se debe considerar el inventario promedio, sino el inventario máximo, pues se va a aceptar recibir cantidades mayores. Entonces el costo de mantenimiento debe multiplicarse por inventario máximo o sea por 2 ($2C_m$).

Entonces: $2C_m \frac{Q}{2}$ quedando la expresión del C_T como:

$$C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + CmQ$$

también se ve afectado Q :

$$\text{era } Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}} \quad \text{y ahora es } Q = \sqrt{\frac{2CoD}{2Cm}} \quad \text{ó } Q = \sqrt{\frac{CoD}{Cm}}$$

En este modelo se utiliza correctamente el modelo de lote económico EOQ original. Se deben calcular los costos totales para cada descuento, solo que la pregunta sería:

¿Y qué Q se debe utilizar, si los pedidos ahora son por diferentes cantidades?

La Q cambia por cada cantidad de descuento para la obtención del costo total, pero debe ser la Q más cercana a la Q calculada originalmente, ya que debe acercarse a la cantidad óptima de pedido como se ve en la figura 3.6. Entre más se aleja de Q calculada, más grande será el costo

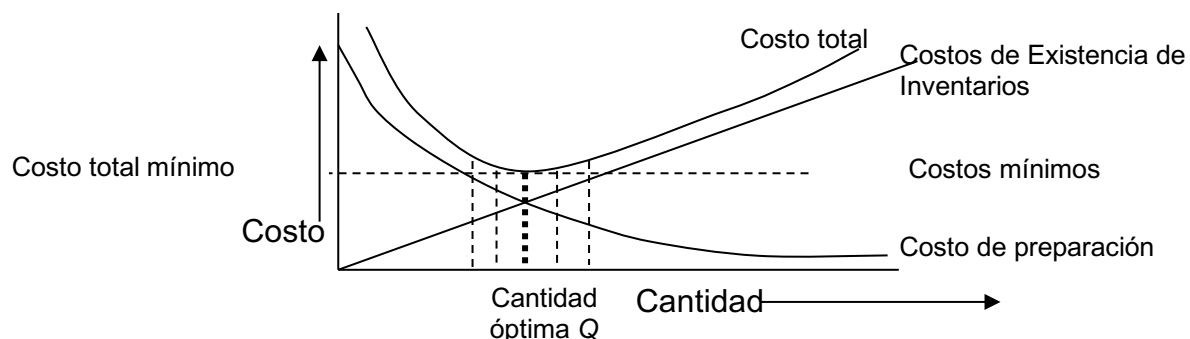


Figura 4. 4 Modelo con descuento.

total. La decisión está en obtener el costo total menor para cada uno de los descuentos que ofrece el proveedor.

Todas las fórmulas de EOQ o Lote Económico se usan en este modelo, exceptuando el costo total y Q , como se mencionó con anterioridad en esta sección. Se entiende mejor con un ejemplo.

Ejemplo del “Modelo con descuento”

Una compañía que trabaja 250 días al año, tiene una demanda diaria de 320 de cierto artículo. El precio del artículo es de 41 centavos de dólar. Cuesta ordenar el artículo \$80.00 dólares y por almacenar el artículo, incluyendo todos los costos adicionales como seguros, vigilancia, clima, etc., un costo es de un 12%. Sin embargo, hay otro proveedor que ofrece descuentos por cantidades como sigue:

Precio	Cantidad
$C_1 = 0.41$ por artículo	Hasta 10,000
$C_2 = 0.39$ por artículo	De 10,001 a 20,000
$C_3 = 0.36$ por artículo	De 20,001 a 40,000
$C_4 = 0.34$ por artículo	De 40,001 a ∞

¿A quién le compraría usted? Y ¿Cuál sería el precio que utilizaría? Una vez tomada la decisión a quien comprar, determine:

- Costo total.
- Numero de pedidos.
- Cada cuándo se haría.

En la redacción del problema se refiere a que hay dos proveedores, uno con descuento y otro sin descuento.

Solución:

Proveedor Sin Descuento.

Primero determinamos Q (sin descuento) para el proveedor inicial.

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}} = \sqrt{\frac{2 * 80(320 * 250)}{0.12}} = 10,327.96$$

Ahora se calcula el costo total anual para el mismo proveedor.

$$C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + Cm \frac{Q}{2}$$

$$C_T = 0.41(320 * 250) + 80 * \frac{320 * 250}{10,327.96} + 0.12 * \frac{10,327.96}{2} = 34,039.35$$

- El número de pedidos “N” se calcula con

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{250 * 320}{10,327.96} = 7.74 \text{ pedidos/año}$$

b. El tiempo entre pedidos “t” para este proveedor se calcula

$$t = \frac{Q}{D} = \frac{10,327.96}{250 * 320} = 0.1290 \frac{\text{año}}{\text{pedido}} \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) = 47.12 \text{ días/año}$$

Proveedor Con Descuento.

Recordemos que el costo de mantenimiento se duplica, es decir C_m se convierte en $2C_m$.

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{2C_m}} \quad \text{ó} \quad Q = \sqrt{\frac{CoD}{C_m}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 80 * 320 * 250}{0.12}} = 7,302.97$$

Se calcula Q para el proveedor que ofrece descuentos y así mismo se calculan sus costos totales. La nueva Q es de 7,302.97 unidades.

Precio	Cantidad
C ₁ = 0.41 por artículo	Hasta 10,000
C ₂ = 0.39 por artículo	De 10,001 a 20,000
C ₃ = 0.36 por artículo	De 20,001 a 40,000
C ₄ = 0.34 por artículo	De 40,001 a ∞

a. Costo total.

$$C_T = CuD + \frac{Co}{Q} + \frac{2C_mQ}{2}$$

Ya que Q fue de 7,302.97, esta cantidad cae en el primer descuento que pide hasta 10,000 unidades, pero no conviene pedir 10,000, sino 7,302.97

$$C_{T1} = 0.41(250 \times 320) + \frac{80}{7,302.97} + \frac{2(0.12)(7,302.97)}{2} = \$33,676.36$$

El segundo descuento, C_{T2} es de 0.36, solo si Q es de 10,001 a 20,000 unidades, por tanto, conviene pedir Q lo más cercana a 7,302.97, y quedaría en 10,001.

$$C_{T2} = 0.39(250 \times 320) + \frac{80}{10,001} + \frac{2(0.12)(10,001)}{2} = \$32,400.12$$

Lo mismo para el tercer descuento conviene más 20,001, que es más cercano a 7,302.97.

$$C_{T3} = 0.36(250 \times 320) + \frac{80}{20,001} + \frac{2(0.12)(20,001)}{2} = \$31,200.12$$

Aquí conviene pedir 40,001 unidades.

$$C_{T4} = 0.34(250 \times 320) + \frac{80}{40,001} + \frac{2(0.12)(40,001)}{2} = \$32,000.12$$

La decisión está en escoger el costo total menor, en este caso corresponde a C_{T3} .

b. Numero de pedidos, para proveedor con descuento.

El Q que se utilizó en C_{T3} es de 21,001, por tanto, el número de pedidos “N” se calcula.

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{250 * 320}{20,001} = 3.999 \text{ ó } 4 \text{ pedidos/año}$$

c. El tiempo entre pedidos “t” para este proveedor con descuento se calcula

$$t = \frac{Q}{D} = \frac{20,001}{250 * 320} = 0.25 \frac{\text{año}}{\text{pedido}} \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) = 91.25 \text{ días/año}$$

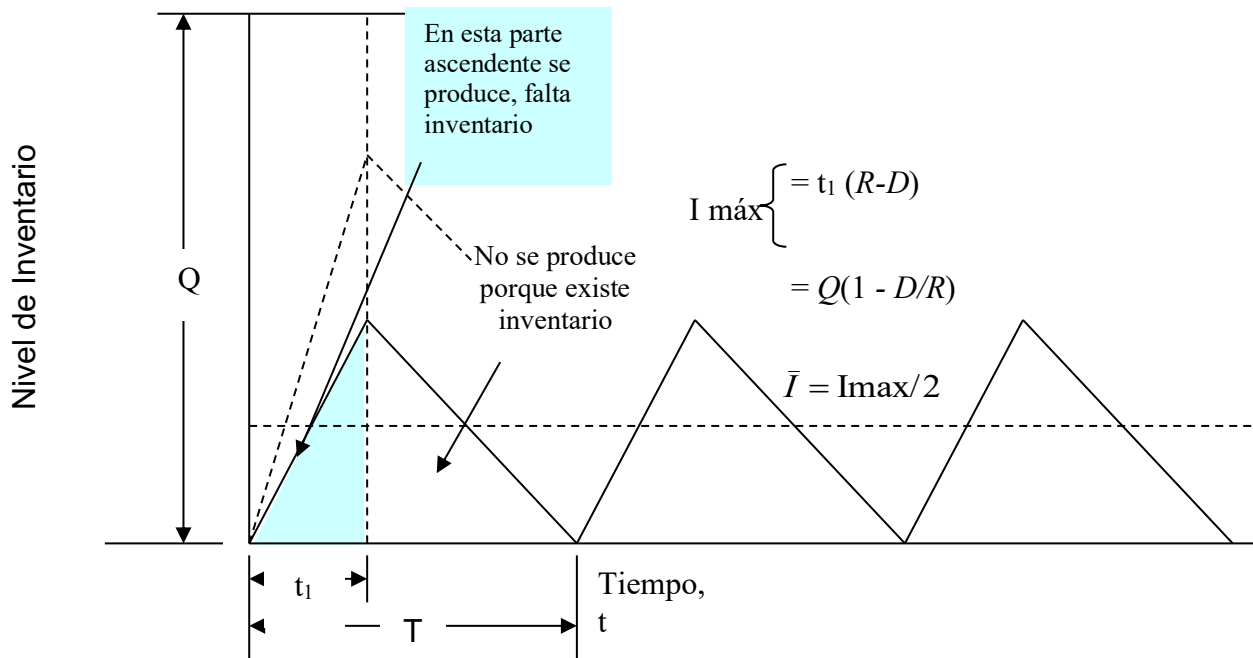
Resumiendo: Existen dos proveedores, uno que no ofrece descuento y otro si hace descuentos. Obviamente el proveedor con descuento es más barato, si se le compra el artículo a 0.36 dólares porque sus costos totales anuales son de 31,200.12, comparado con los otros, hay una gran cantidad de ahorro en dólares.

4.4.3 Modelo de producción y consumo.

Llamado también **Modelo de Fabricación.**

Veamos ahora el caso de una empresa en donde las partes, componentes o artículos se están recibiendo constantemente para inventario, pero al mismo tiempo se están consumiendo. Este es un modelo que se usa para escenarios de producción en donde se hace un pedido y este se coloca a una tasa constante de producción, pero al mismo tiempo la empresa sigue produciendo y usando este artículo.

La tasa de producción debe ser mayor que la tasa de demanda, si no fuera así, habría faltante de inventario. La figura 3.4 es una representación esquemática del modelo de fabricación.



El costo total para el modelo de fabricación está determinado por:

- R = Tasa de fabricación o de manufactura en unidades por año.
- CuD = Costo unitario por la demanda.
- COD/Q = Costo de ordenar por el número de unidades pedidas ($N = D/Q$).
- $(CmQ/2)(1 - D/R)$ = Viene dado por lo siguiente:

Donde $(R-D)$ es una tasa de acumulación de inventario, ya que R (tasa de producción) es mayor que D (la demanda). El inventario promedio es el inventario máximo entre dos ($\bar{I} = I_{\text{máx}}/2$).

Figura 4. 5 Modelo de fabricación o “producción y consumo”.

El nivel de inventario promedio está determinado por $t_1 = Q/R$ (ya que los artículos se están recibiendo y consumiendo al mismo tiempo), donde t_1 es el tiempo de fabricación o tiempo para producir Q unidades.

El máximo nivel de inventario está determinado por:

$$\text{Inv. máximo.} = t_1(R-D)$$

$$\text{sustituyendo } t_1 = \frac{Q}{R}(R-D)$$

$$\text{despejando} = Q\left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

El tiempo de fabricación o tiempo de manufactura está determinado por la cantidad óptima a pedir entre la tasa de fabricación: $t_1 = Q/R$.

Para obtener el inventario promedio en términos de la variable Q se reemplaza Q/R por la variable t_1 en la fórmula anterior y se obtiene:

$$\bar{I} = \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R} \right)$$

Por lo tanto, el costo anual de mantenimiento está dado por:

$$Cm \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R} \right)$$

El costo total queda como:

$$C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + Cm \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R} \right)$$

De la misma manera que en el modelo EOQ anterior, se procederá derivar la función del costo total con respecto a Q y posteriormente se igualará a cero para poder determinar la tangente de la curva del costo total o cantidad óptima a pedir. Estas operaciones vienen dadas de siguiente manera:

$$\frac{\partial C_T}{\partial Q} = \frac{\partial (CuD)}{\partial Q} + \frac{\partial (CoDQ^{-1})}{\partial Q} + \left(1 - \frac{D}{R} \right) \frac{\partial CmQ}{2\partial Q}$$

$$0 = -\frac{Co}{Q^2} D + \left(1 - \frac{D}{R} \right) \frac{Cm}{2}$$

$$\frac{CoD}{Q^2} = \frac{Cm}{2} \left(1 - \frac{D}{R} \right)$$

$$\frac{2CoD}{Cm \left(1 - \frac{D}{R} \right)} = Q^2$$

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm \left(1 - \frac{D}{R} \right)}}$$

La otra manera de obtener Q es cuando el costo de pedir u ordenar y el costo de mantenimiento se cruzan en la figura 3.3, en ese momento se igualan los dos costos como sigue:

$$\frac{CoD}{Q} = Cm \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R} \right)$$

$$\frac{2CoD}{Cm \left(1 - \frac{D}{R} \right)} = Q^2$$

Y se llega a lo mismo:
$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm(1 - D/R)}}$$

El tiempo de manufactura o tiempo de fabricación está determinado por la cantidad óptima a pedir entre la tasa de Manufactura o de fabricación: $t_l = Q/R$ (en años).

El tiempo entre pedidos lo determina la cantidad a pedir entre la demanda: $t = Q/D$ (en años).

Ejemplo de “Modelo de fabricación”

Una compañía tiene una demanda de un artículo determinado de 72 unidades diarias. La compañía puede producir este artículo a razón de 144 unidades diarias. El costo por organizar una tanda de producción o hacer un pedido es de \$500 dólares y el costo por mantener almacenada una unidad por año es de \$1.80 dólares. Considerando que el costo de una unidad es de \$2.00 dólares y que se trabajan 50 semanas al año de 5 días cada una. Determinar:

- La cantidad óptima que debe de fabricarse.
- El costo total anual.
- El inventario máximo.
- El tiempo de fabricación.
- El tiempo total entre pedidos o entre tandas de producción.

Se hará, primeramente, como en el modelo anterior, una identificación de los datos que se tienen del problema.

$D = 72$ unidades por día.

$R = 144$ unidades por día.

$C_u = \$2.00$ por unidad.

$C_o = \$500.00$

$C_m = \$1.80$ por unidad por año.

Una vez hecha esta identificación se puede proceder a dar solución al problema.

a.

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm(1 - \frac{D}{R})}}$$

Ya que los datos que se deben incluir en la fórmula son datos anuales, lo primero que tenemos que arreglar es poner la demanda y el índice de producción en cantidades anuales. Por lo tanto, quedará en la fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 500(72 * 250)}{1.8 \left(1 - \frac{72}{144}\right)}} = 4,472$$

Nótese que solo la demanda en el numerador se multiplica por los 250 días trabajados en un año y no es necesario poner en forma anual la expresión D/R , ya que solo representa un “índice” y da igual sustituir anualmente, que diariamente.

$$\mathbf{b.} \quad C_T = CuD + Co \frac{D}{Q} + Cm \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{R}\right)$$

$$C_T = 2 * 18,000 + 500 * \frac{18,000}{4,472} + 1.8 * \frac{4,472}{2} \left(1 - \frac{72}{144}\right)$$

$$C_T = \$40,025$$

$$\mathbf{c.} \quad \text{Inv. Máx.} = Q * (1 - D/R)$$

$$\text{Inv. Máx.} = (4,472) * (1 - 18,000 / 36,000)$$

$$\text{Inv. Máx.} = 2,236 \text{ unidades}$$

d.

$$\mathbf{e.} \quad t = Q/D = 4,472/18,000$$

$$t = 0.2484 \text{ años } t = 2.98 \text{ meses o}$$

4.4.4 Modelo con faltantes.

En algunos casos el modelo de inventarios con faltantes es necesario, debido a que se justifica económicamente por el alto precio de los artículos. Los compradores simplemente compran y esperan a que llegue su pedido. Por ejemplo, en algunas distribuidoras de automóviles sucede esto. El vendedor ofrece los automóviles que están en venta, pero el comprador simplemente desea otro color o características diferentes y prefiere esperar a que le envíen su pedido, pero hay que hacer un pago para asegurar la venta. Algunas de estas distribuidoras trabajan sin unidades, por algún tiempo.

En la figura 4.6 se presenta gráficamente el comportamiento de este modelo de inventarios, esta figura muestra al igual que el modelo EOQ un diente de sierra, pero cae por debajo del nivel mí-

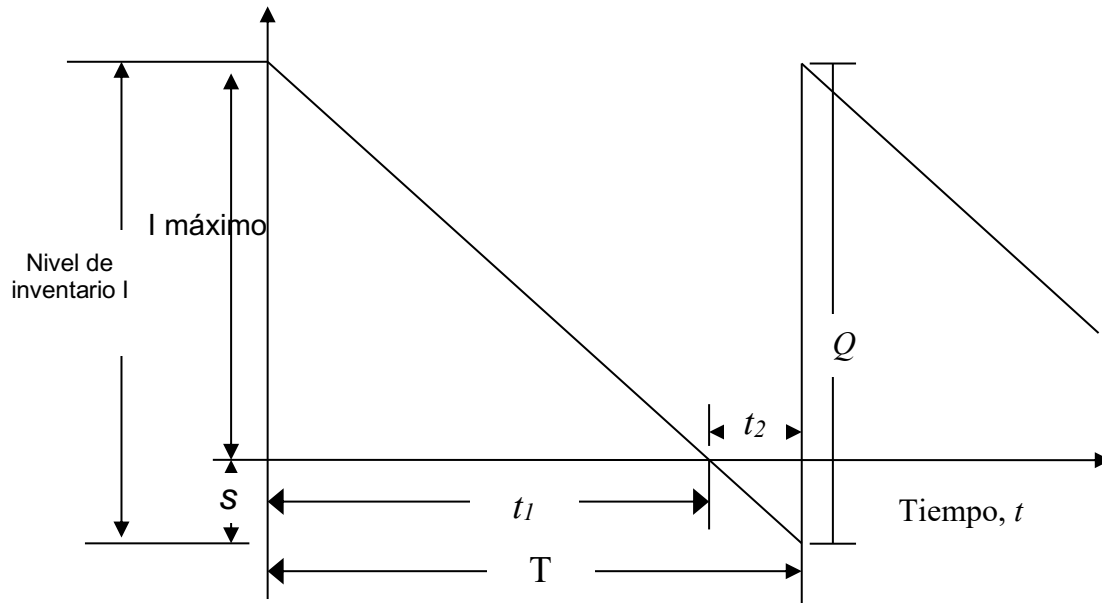


Figura 4. 6 Modelo de Inventario con Faltante.

nimo de inventario (cero) permitiendo que ocurran inventarios faltantes (S) o agotados. Los faltantes son mercancías vendidas que se han pospuesto para entregarse en un tiempo determinado (t_2). En este modelo, los costos faltantes son causados por agotamiento de mercancías durante un periodo y no por la pérdida de ventas.

El inventario máximo está definido por $Q-S$. Puesto que $I_{\text{máx}}$ es menor cuando se permiten faltantes, los costos de llevar el inventario se reducen. Yéndonos radicalmente a un extremo en que todas las demandas fueran pospuestas, el inventario sería cero y por lo tanto los costos de mantenimiento cero. No obstante, la reducción en los costos de mantenimiento debe balancearse contra los costos de faltantes asociados, con los pedidos pospuestos. En este caso extremo presumiblemente estos costos serían excesivamente elevados.

Se empleará la misma técnica que en el modelo anterior, para este modelo de lote económico o cantidad económica de pedido (EOQ) cuando se permiten faltantes, excepto que ahora aparecerán dos nuevos términos: S = número de unidades faltantes y C_f que será el costo de penalización por agotamiento de existencias. También se determinará Q cuando se permiten faltantes.

Para definir las fórmulas que se va a usar, iniciaremos determinando el nivel de inventario promedio.

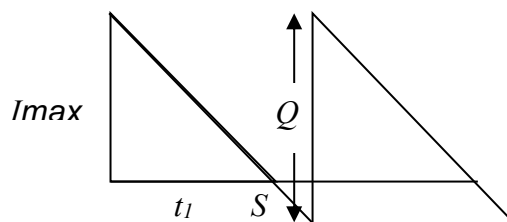


Figura 4. 7 Triángulos Semejantes de Modelos de Inventario con Faltantes

$$I_{prom} = \frac{I_{max}}{2} = \frac{(Q - S)}{2}$$

El costo de mantenimiento en el ciclo T sería:

$$Cm\left(\frac{I_{max}}{2}\right)t_1 = Cm\left(\frac{(Q - S)}{2}\right)t_1 \quad 1$$

Para determinar el costo de mantenimiento del inventario, se nota que la tasa de utilización D (demanda por unidad de tiempo es igual a:

$$D = \frac{Q - S}{t_1} \quad \text{o} \quad D = \frac{Q}{T} \quad 2$$

También se obtiene por triángulos semejantes igualando (figura 3.6):

$$\frac{Q - S}{t_1} = \frac{Q}{T} \quad 3$$

Despejando t_1 se obtiene:

$$t_1 = \frac{T(Q - S)}{Q} \quad 4$$

Reemplazando 4 en 1 se obtiene el costo de mantenimiento por ciclo:

$$\text{Costo de mantenimiento por ciclo} = \frac{Cm(Q - S)^2 T}{2Q} \quad 5$$

Como se hacen N pedidos por año, el costo anual de mantenimiento es N veces, o sea las veces que se hace el pedido. Se multiplica N en (5), quedando:

$$\text{Costo de mantenimiento por año} = \frac{Cm(Q - S)^2 TN}{2Q}$$

Donde $TN = 1$ año. Por lo tanto, el costo de mantenimiento por año queda como:

$$\frac{Cm(Q - S)^2}{2Q}$$

Solo se agrega en el costo total el costo de los faltantes. El costo de los faltantes viene dado por:

$$\frac{C_f S_2 T}{2Q}$$

Puesto que S representa el máximo nivel de faltantes, el nivel promedio de faltantes durante el período en el cual hay un faltante (t_2) será $S/2$. El costo de un faltante en un ciclo dado (T) es:

$$\frac{C_f S_2 T}{2} \quad 6$$

De nueva cuenta, para determinar el costo anual de faltantes, se nota que:

$$D = \frac{S}{t_2} \qquad D = \frac{Q}{T}$$

Igualando estas dos relaciones y despejando t_2 obtenemos:

$$t_2 = \frac{TS}{Q} \qquad 7$$

Reemplazando 7 en 6, el costo de faltantes por ciclo es:

$$\text{Costo de faltantes por ciclo} = \frac{C_f S_2 T}{2Q} \qquad 8$$

El costo anual de faltantes es N veces, o sea las veces que se hace el pedido quedan faltantes. Se multiplica N en (8), quedando:

$$\frac{C_f S^2 TN}{2Q}$$

Y como $TN = 1$ año, por lo tanto, el costo anual de faltantes es:

$$\text{Costo anual de faltante} = \frac{C_f S^2}{2Q}$$

De esta manera el costo total anual es la suma de todos los costos, teniendo:

$$CT = CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{Cm(Q-S)^2}{2Q} + \frac{C_f S^2}{2Q}$$

Una vez obtenido el costo total se puede obtener, como en los modelos anteriores, la cantidad óptima a pedir (Q).

Para determinar la cantidad optima a pedir y la cantidad de existencias agotadas (faltantes), se realiza una operación de derivación parcial con respecto a cada una de las variables Q y S , e igualando a cero para despejar estas variables como sigue:

$$\begin{aligned} C_T &= CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{Cm(Q-S)^2}{2Q} + \frac{C_f S^2}{2Q} \\ C_T &= CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{Cm(Q^2 - 2QS + S^2)}{2Q} + \frac{C_f S^2}{2Q} \\ C_T &= CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{CmQ}{2} - CmS + \frac{CmS^2}{2Q} + \frac{C_f S^2}{2Q} \\ C_T &= CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{CmQ}{2} - CmS + \frac{(Cm + C_f)S^2}{2Q} \end{aligned}$$

Tomando la derivada parcial $\frac{\partial C_T}{\partial Q}$ e igualando a cero, obtenemos:

$$\begin{aligned}\frac{\partial C_T}{\partial Q} &= -\frac{CoD}{Q^2} + \frac{Cm}{2} - \frac{(Cm + C_f)S^2}{2Q^2} \\ -\frac{CoD}{Q^2} + \frac{Cm}{2} - \frac{(Cm + C_f)S^2}{2Q^2} &= 0\end{aligned}\quad 9$$

De la misma manera tomando la derivada parcial $\frac{\partial C_T}{\partial S}$ de la misma ecuación, e igualando a cero obtenemos:

$$\begin{aligned}\frac{\partial C_T}{\partial S} &= \frac{(Cm + C_f)S}{Q} - Cm = 0 \\ \frac{(Cm + C_f)S}{Q} - Cm &= 0\end{aligned}\quad 10$$

Resolviendo para S , obtenemos el número de faltantes por año.

$$S = \frac{Q * Cm}{Cm + C_f} \quad 11$$

Solucionando 11 para S en 9 obtenemos EOQ cuando se permiten faltantes.

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}} * \sqrt{\frac{(Cm + C_f)}{C_f}} \quad 12$$

Ejemplo de “Modelo con Faltantes”.

Una empresa vende un artículo que tiene una demanda de 18,000 unidades por año, su costo de almacenamiento por unidad por año es de \$1.20 dólares y el costo de ordenar una compra es de \$400.00, el costo unitario del artículo es \$ 1.00, el costo por unidad de faltante es de \$ 5.00 por año. Se utilizan 250 días hábiles por año. Determinar:

- a. La cantidad óptima pedida.
- b. El costo total por año.
- c. El número de pedidos por año.
- d. El tiempo entre pedidos.

Primero se identifican cada uno de los datos del problema como en el ejemplo anterior:

$$D=18,000$$

$$C_m=\$1.20$$

$$C_o=\$400$$

$$Cu=\$1.00$$

$$C_f=\$5.00$$

- a. Se obtiene EOQ (cantidad óptima de pedido).

$$Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}} * \sqrt{\frac{(Cm + C_f)}{C_f}} = \sqrt{\frac{2(400)(18,000)}{1.20}} * \sqrt{\frac{(1.2 + 5)}{5}}$$

$$Q = 3857.46 \text{ artículos}$$

b. Para obtener el costo total se requiere primero obtener S (o cantidad faltante).

$$S = \frac{Q * Cm}{Cm + C_f} = \frac{3,857.46 * 1.20}{1.20 + 5} = 746.6 \text{ artículos}$$

$$C_T = CuD + \frac{CoD}{Q} + \frac{Cm(Q - S)^2}{2Q} + \frac{C_f S^2}{2Q}$$

$$C_T = (1)(18,000) + \frac{(400 * 18,000)}{3,857.46} + \frac{1.2 * (3,857.46 - 746.6)^2}{2(3,857.46)} + \frac{5 * (746.6)^2}{2(3,857.46)}$$

$$C_T = 21,733.02$$

c. El número de pedidos por año, se obtiene con:

$$N = \frac{D}{Q}$$

d. El tiempo entre pedidos es sencillamente el recíproco del número de pedidos y dará años/pedidos como sigue

$$t = \frac{Q}{D} = \frac{3,857.46}{18,000} = 0.2143 \frac{\text{años}}{\text{pedido}}$$

Este dato no se ve muy claro, entonces se requiere sacar cada “cuando” se hacen los pedidos por día, si son 365 días en un año:

$$0.2143 = 0.2143$$

Entonces cada 78 días continuos se hará el pedido, contando sábados, domingos y vacaciones.

4.5 Modelos de inventarios probabilísticos.

En los modelos vistos anteriormente, “modelos determinísticos”, se supone que la demanda de un producto es constante y cierta. En los “modelos de inventario probabilísticos”, la demanda de un artículo sobre un periodo de tiempo dado es incierta, sin embargo, hay un cierto rango de probabilidad en tiempo de que ocurra la demanda o distribución probabilística de la demanda.

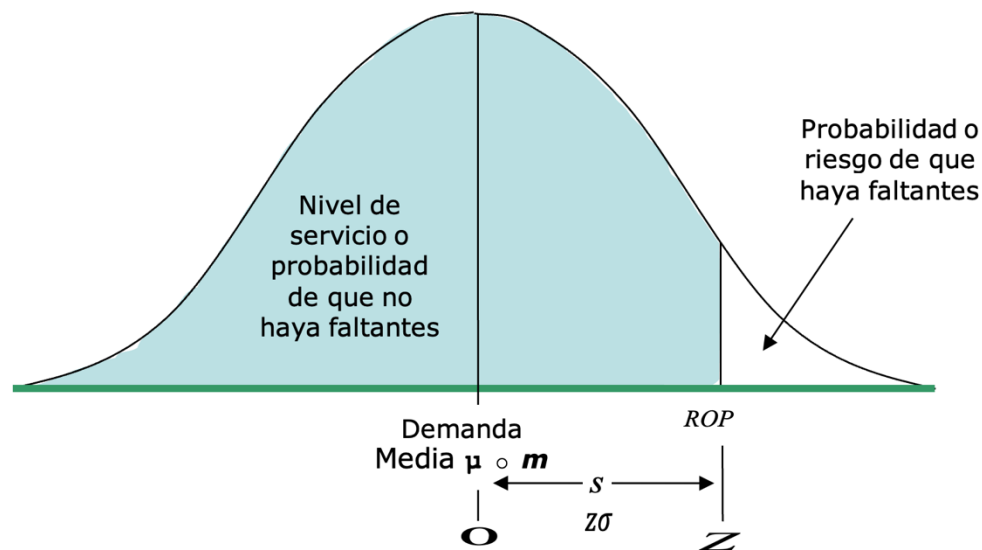


Figura 4. 8 Distribución de probabilidad de la demanda (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).

ROP = “Reorder Point” Punto de Reorden.

4.5.1 Nivel de servicio e inventario de seguridad.

(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005) “El nivel de servicio es la probabilidad en porcentaje o fracción, de que haya inventario. Por ejemplo, si el nivel de servicio es del 95%, habrá un 5% de faltantes. Por lo tanto, el faltante es el complemento del nivel de servicio”.

“Las empresas recurren a un inventario de seguridad S , usando más artículos para evitar faltantes. Además, estas unidades adicionales sirven como amortiguador”.

“Recordando

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

donde Z = es el número de desviaciones estándar”

“ μ = demanda media ó m , despejando”

De aquí se deduce el inventario de seguridad S :

$$x - \mu = Z\sigma$$

$$S = Z\sigma$$

4.5.2 Modelo de Cantidad Fija.

(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005) “A este modelo de inventario también se le conoce como **Sistema de Revisión Continua o Sistema Q**. Todas las suposiciones del EOQ se aplicarán, lo único diferente es que ahora la demanda es cuestión de probabilidad, es decir ya no es constante”.

“El nivel de inventario que se tenga almacenado se revisará constantemente y ahora se tendrá que vigilar cuanto nivel de inventario hay. Cuando llegue a una cantidad determinada, llamada “punto de reorden” (*ROP*) se disparará una orden de producción *Q* para reabastecer el inventario”. *ROP* proviene de “Reorder Point”, en inglés.

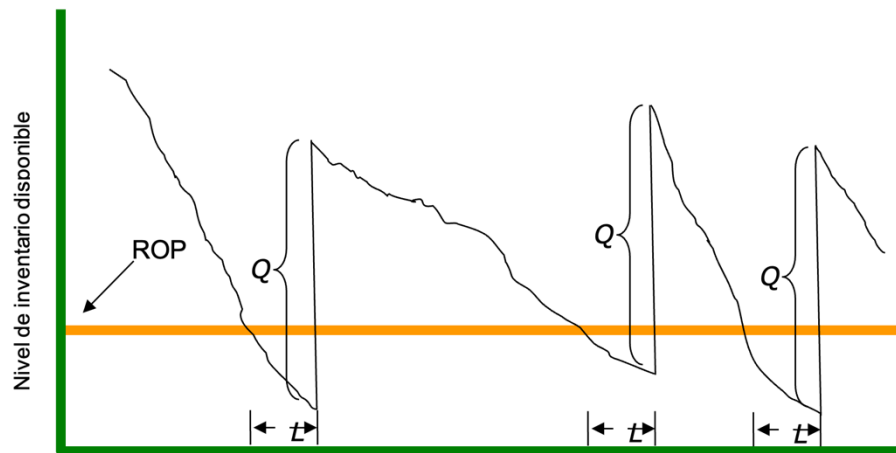


Figura 4. 9 Modelo de inventario de Revisión continua o Sistema Q (Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005).

“Este sistema de inventario está esencialmente determinado por los parámetros de *Q* y *ROP*”.

“El nivel de servicio también se aplica aquí y se define como la probabilidad de que las ordenes sean cumplidas durante el tiempo de entrega”.

“En la figura 4.8 muestra la distribución de probabilidad. A lo largo de este modelo se supondrá la distribución normal de la demanda, con razonables resultados para este tipo de problemas”.

El punto de reorden *ROP* se calcula sumando la demanda promedio diaria y el nivel de inventario de seguridad”.

Donde:

L = tiempo de entrega

m = demanda promedio diaria durante L se expresa:

$$m = (\text{Demanda prom. diaria})(L)$$

σ = desviación estándar de la demanda durante L y se expresa como:

$$\sigma = \sqrt{L}$$

S = nivel de inventario de seguridad

S se expresa como, $S = Z\sigma$

por tanto, el punto de reorden es la suma de la demanda promedio diario, más un inventario de seguridad (para que no falte inventario) y se expresa como la siguiente manera:

$$ROP = m + S$$

“El punto de reorden ROP es básicamente controlado por Z y este a su vez por el nivel de servicio, de tal forma que cuando Z es grande, el punto de reorden y el nivel de servicio también. En los libros de estadística se pueden obtener el “área bajo la curva normal” con valores de Z para un nivel de servicio deseado. Por ejemplo, para un nivel de servicio del 96% (0.96) Z sería 1.75. La desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega es σ .

Ejemplo modelo de cantidad fija, llamado sistema Q .

Supóngase que un gerente de materiales está administrando un gran almacén que vende termostatos para hogares. La demanda es de 200 termostatos diarios y tiene un tiempo de entrega de 4 días por parte del proveedor, una desviación estándar de la demanda diaria de 100 termostatos y un nivel de servicio de 95%. El costo por ordenar es de \$30 dólares por orden, con un costo de almacenamiento del 20% del costo unitario por año y el costo del termostato es de \$30 dólares. El gerente desea saber cada cuando hay que pedir, sabiendo que se trabajan 250 días al año.

Demanda diaria 200 termostatos

$C_o = \$30$

$L=4$ días tiempo de entrega

$C_m = 20\%$ del precio del producto

Desviación estándar = 100

$C_u = \$30$

En la formula Q o EOQ ($\sqrt{\frac{2CoD}{Cm}}$) la demanda D tiene que ser anual, como la demanda diaria es de 200 termostatos y se trabajan 250 días por año, entonces es 200×250 , dan 50,000 termostatos/año. De la misma manera el Costo de mantener el inventario $C_m = 20\%$ del precio del producto, entonces se tiene: $C_m = 0.20 \times 30 = \$6$.

$$\text{Se debe de pedir } Q = \sqrt{\frac{2CoD}{Cm}} = \sqrt{\frac{(2)(30)(50,000)}{6}} = 707.1 \text{ termostatos}$$

Recordemos que m es la demanda promedio diaria durante el tiempo de entrega de 4 días:

$$m = (\text{dem. diaria})(L),$$

$$m = (200)(4) = 800 \text{ termostatos}$$

$$\sigma = (\text{Desviación estándar})\sqrt{L}$$

$$= 100\sqrt{4} = 200$$

En la área bajo la curva normal, $Z = 1.65$ y la desviación estándar durante el tiempo de entrega es

$$S = Z\sigma$$

$$= (1.65)(200) = 330$$

$$ROP = m + S = 800 + 330 = 1,130 \text{ termostatos}$$

Esto significa que cuando el inventario cae a 1,130 unidades, se debe ordenar de inmediato un pedido Q de 707.1 termostatos.

4.5.3 Modelo de Periodo Fijo.

(Schroeder, Goldstein, & Rungtusanatham, 2005) “Llamado también Sistema P”.

“Hay ocasiones que durante cierto periodo de tiempo se está revisando la cantidad de inventario que existe o bien que un proveedor, según la política de su compañía, hace entregas solo en intervalos periódicos de tiempo. Puede, por ejemplo, cuando el proveedor hace recorridos por la ciudad donde se encuentra la empresa entregar cada semana”.

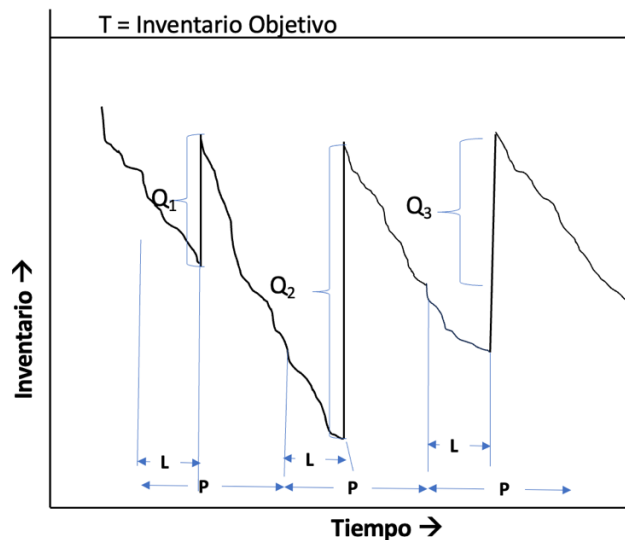


Figura 4. 10 Modelo de inventario de revisión periódica P.

“Se supone que la demanda es incierta. En la gráfica de la figura 4.10 los inventarios caen irregularmente hasta el punto de revisión P . Se ordena entonces una orden Q para lograr el inventario objetivo (T). Cuando llega la orden ya ha transcurrido un tiempo L . Es por eso que el inventario nunca alcanzará el nivel de inventario T ”.

“En este modelo no hay un punto de reorden fijo (ROP), sino que varía, porque se basa en un inventario objetivo. No existe la cantidad económica de pedido porque la Q varía de acuerdo a la demanda”.

“El sistema P únicamente está determinado por dos parámetros: P y T ”.

“La P se puede calcular usando la fórmula EOQ”.

$$P = \frac{Q}{D}$$

“El nivel de inventario objetivo T debe ser puesto lo suficientemente alto para cubrir la demanda durante el periodo de revisión P más el tiempo de entrega L . Para alcanzar el nivel de servicio que se defina, deberá satisfacerse la demanda en el tiempo $P + L$ más el inventario de seguridad”.

Entonces

T = nivel de inventario objetivo

m' = demanda promedio diaria durante $P+L$

S' = inventario de seguridad

= desviación estándar durante $P+L$

=

Z = factor de seguridad

Ejemplo de “Sistema P”.

Supóngase que un gerente de materiales está administrando un almacén que mercantiliza termostatos para hogares. El tiempo de entrega es de 4 días y la demanda diaria del proveedor es de 200 termostatos, y 100 termostatos como desviación estándar de demanda diaria, además de un nivel de servicio del 95%. El costo por ordenar es de \$30 dólares por orden, con un costo de almacenamiento del 20% del costo unitario por año y el costo del termostato es de \$30 dólares. El gerente desea saber cada cuando hay que pedir y sobre que inventario meta va administrar, sabiendo que se trabajan 250 días al año.

Tenemos estos datos:

Demanda diaria 200 termostatos	$C_o = \$30$
$L=4$ días tiempo de entrega	$C_m=20\%$ del precio del producto
Desviación estándar = 100	$C_u=\$30$

No conocemos el período, por tanto:

$$Q = \sqrt{\frac{2(30)(200 \cdot 250)}{(0.20 \cdot 30)}} = 707.1 \text{ termostatos}$$

Nótese que en la fórmula Q , la demanda debe ser anual, así como el costo de mantenimiento, o sea, $D = m \times \text{número de días trabajados al año}$ $D = 200 \cdot 250 = 50,000$.

Pero para calcular el periodo P la demanda debe ser diaria, para conocer el periodo en días.

$$P = \frac{Q}{D} = \frac{707.1 \text{ termostatos}}{200 \text{ termostatos/día}} = 3.53 \text{ días}$$

Para calcular la demanda promedio diaria m' , esta debe ser durante el periodo más el tiempo de entrega ($P+L$),

Entonces $m' = 200(3.53+4) = 1,506$

La desviación estándar

$$=274.4$$

Para determinar Z debemos buscar en la tabla de distribución de cualquier libro de estadística. Z es 1.65 para un nivel de servicio del 95%.

el inventario objetivo se determina como

$$= 1,506 + 452.76 = 1,958.76$$

Significa que cada 3.53 días se revisa el inventario y se observa cuanto le falta para alcanzar el nivel de inventario objetivo (T) de 1,959 termostatos y se dispara una orden de compra para completar esta cantidad.

Por ejemplo, cuando se cumple el periodo de 3.53 días, si el nivel de inventario está en 1,000 termostatos, sólo se pedirán 959 unidades de Q para completar 1959 termostatos.

4.6 Uso de software en inventarios

Muchas compañías actualmente utilizan sistemas para el manejo de inventarios muy diversas. Dependiendo del tamaño de la compañía, se pueden dar el lujo de usar software conocido en todo el mundo como el SAP, Oracle, People Soft, Bann, etc. En compañía es muy pequeñas, algunos programadores de sistemas de cómputo ofrecen otro tipo de soluciones a los problemas de inventario, sin tener que hacer un gasto muy grande.

Cuestionario de evaluación.

- 1) Un templo ordena cirios periódicamente, cuya entrega es casi siempre instantánea. La demanda anual, calculada en 180 velas es constante. Los cirios cuestan 8 dólares/docena; el costo de la colocación del pedido se calcula en 9 dólares, y el costo de manejo anual se estima en 15% del costo de cada cirio. ¿Cuál es la cantidad que el sacerdote debe ordenar por docena, y cuando debe hacerlo? Calcule la cantidad del lote económico.
- 2) La demanda de un artículo es de 25,000 unidades por año, cuesta almacenar el artículo \$1.25 por unidad por año y el costo de ordenar es de \$450. C_u es de \$1.25. Si se supone que se tienen faltantes y que este tiene un costo de \$5.50 por unidad por año, determine: EOQ que debe pedirse; el costo total anual; el número de pedidos por año; el tiempo entre pedidos en meses.
- 3) Calcule qué precio es el óptimo de una compañía constructora requiere 2,000 kg anuales de cemento. Cada vez que se ordena, incurren en un costo de \$150.00 pesos. El costo por mantener el inventario es de 10% anual y el precio de compra depende de la cantidad ordenada y está dada por la siguiente lista de descuentos.

	<u>Cantidad en kgs.</u>	<u>Precio en pesos</u>
C_{T1}	1 a 100	450
C_{T2}	101 a 999	400
C_{T3}	de 1,000 en adelante	370

- 4) La compañía Bike tiene una línea especial de bicicletas de montaña, para la que se necesitan 5,010 manubrios al año. Se pueden comprar por \$30 por unidad o producir internamente. El costo de producción es \$20 por unidad, y la tasa de producción es 20,000 unidades al año. El costo de preparación es \$110, mientras que emitir una orden de compra cuesta \$25. El costo de mantener el inventario es 25% anual. Ej. 6.21 (Sipper & Bulfin, 1998).
 - a. ¿Debe la compañía Bike hacer o comprar el artículo, suponiendo que no se permiten faltantes?
 - b. Suponga que se permiten faltantes, con $C_f = 15$ por unidad, y $C_u = \$30$ por unidad. ¿Qué debe hacer Bike ahora?

Sol: a) Comprar CT de 100,654.44
 Fabricar CT de 150,550.24
- 5) Gainesville Cigar almacena puros cubanos que tienen tiempos de entrega variables por la dificultad existente en la importación del producto. El tiempo de entrega se distribuye por lo regular con una media de 6 semanas y una desviación estándar de 2 semanas. La demanda también es variable y se distribuye con una media de 200 puros por semana y una desviación estándar de 25 puros.
 - a. Para un nivel de servicio del 90%, ¿cuál es el ROP?
 - b. ¿Cuál es el ROP para un nivel de servicio del 95%?
 - c. Explique qué significan estos dos niveles de servicio. ¿Cuál es más recomendable?

Problema 12.34 de (Render & Heizer, Principios de Administración de Operaciones, 2004)
- 6) Del problema anterior:
 - a. determine el inventario meta T:
 - b. Para un nivel de servicio del 90%, ¿cuál es el inventario meta T?
 - c. ¿Cuál es el inventario meta T para un nivel de servicio del 95%?
 - d. Explique qué significan estos dos niveles de servicio. ¿Cuál es más recomendable?

Tema 5

Administración de Almacenes

Hay algunos tipos de almacenes: almacén de materias primas, almacén de productos semiterminados o intermedios, almacén de refacciones o repuestos de maquinaria o equipos, almacén de productos terminados. Pero también ha diferentes tipos: como almacén de productos a granel, almacén de productos genéricos como productos de limpieza, higiénicos, químicos, materiales de oficina o archivo muerto, combustibles, etc.

5.1 Funciones y manejo físico de los inventarios, recepción, organización, despacho, mantenimiento de los registros.

“El almacenaje es la actividad de la empresa encargada de recibir, almacenar, conservar, custodiar una mercancía y expedirla al cliente” (Varela, Exojo, & Rivas, 2013).

Función del almacén.

La simple necesidad de estar acumulando productos en un área dedicada a ello, constituye lo que llamamos almacén. No solo se acumulan productos ya terminados, listos para la venta, sino que es muy común tener materia prima. La materia prima se va acumulando debido a que la velocidad con que se necesita es más lenta que la velocidad a la que se reciben por parte del proveedor. Lo ideal es que las materias primas llegasen exactamente cuándo se necesiten, pero la realidad es que no hay proveedores cercanos que favorezcan ésto y que tengan implementada la filosofía de compras “Justo a Tiempo”.

La función del almacén es cuidar que los productos o materias primas no sufran robos, obsolescencias, daños por manejo o incendio, tener siempre disponible el material y controlado, de tal manera que pueda disponer información de lo que existe para personal de manufactura y compras. Una función del almacén es evitar que se termine el material y evitar que departamentos funcionales se tengan que parar.

Otra función del almacén es la **recepción** de mercancías, que se hará con la comprobación de que llegue correctamente y que coincida con lo solicitado o pedido. Se debe descargar la mercancía con un control en cuanto a cantidad, cotejando lo físico contra los documentos que la acompañan. En este paso es común que participe el departamento de calidad y control de la producción para tomar una muestra de que el producto esté en las condiciones correctas en calidad y cantidad. Todo esto se debe hacer con cierta velocidad o premura para que pueda ser introducido al almacén y luego al proceso. La calidad de materias primas es muy importante dentro al almacén. Hay un dicho en el argot manufacturero norteamericano “garbage in – garbage out”, que significa “basura en la entrada, basura en la salida”. Lo que significa: que, si las materias primas están defectuosas, el proceso producirá mucho desperdicio y por tanto, gastos extras.

El siguiente es la **conservación y mantenimiento** para resguardarlo en perfecto estado desde su entrada hasta su salida del almacén.

La otra función es la **expedición** de la mercancía que consiste en hacer el embalaje correcto de ésta para evitar daños de manipulación y transportación hasta su destino.

Manejo físico de los inventarios.

El manejar físicamente los inventarios es una tarea muy delicada, hay materiales peligrosos o delicados que tiene que tratarse con mucho cuidado. Pero también hay productos terminados, inclusive envasados, ya vendidos y que deben cuidarse con mucha delicadeza también, ya que todo el esfuerzo de la empresa está incluido en ellos.

También existen envases y embalajes. Definamos bien que es cada uno de ellos:

Envases: es donde los productos se empacan para ser vendidos. Su función es mantener seguras las características del producto.

Embalajes: es donde los envases son acomodados para su posterior actividad. La función del embalaje es proteger los envases con los productos que pueden ser dañados en la manipulación de transportación.

5.2 Localización y distribución de almacenes.

Por lo general, la ubicación del almacén en una planta de manufactura se encuentra localizada muy cerca del área del andén, donde desembarcan los camiones transportistas. Su tamaño depende de cómo quiera la administración mantener seguro y resguardado el inventario.

El Layout (distribución) del almacén explica a cómo se organiza el espacio en una planta. El layout establece cómo se mueven los materiales, los trabajadores y los equipos a través del espacio, y su objetivo de perfeccionar el flujo de producción y distribución. Toma en cuenta varias actividades de almacenamiento, como preparar los pedidos, el área de envío y el espacio de oficina del almacén, sin descuidar la forma como se coloca y utiliza todo el equipo requerido. El layout de un almacén debe tener en cuenta cual es el tamaño y que forma tienen los artículos que van a almacenarse y muy importante, ver los peligros a futuro, o bien que obsaculos hay para evitar movimientos innecesarios, (Oracle Corporation, 2024).

Al comprender cómo diseñar correctamente el layout de un almacén, las empresas pueden asegurarse de que sus operaciones se ejecuten de manera eficiente. Un diseño de almacén eficiente optimiza el flujo de productos de un área a otra al tiempo que maximiza la utilización del espacio. El diseño del almacén puede afectar directamente la rentabilidad de una empresa, por lo que se debe tener cuidado en el diseño (Oracle Corporation, 2024).

Existen enormes almacenes en grandes ciudades, tienen la apariencia de supermercados, pero en realidad toda el área es un enorme almacén. Ejemplo de ellos son Costco y Sam's Club. Casi todos los supermercados son almacenes diseñados para que el consumidor escoja sus productos. El diseño de este tipo de almacenes, está estratégicamente realizado y organizado para que el cliente con mucha facilidad pueda encontrar lo que busca.

Estos almacenes, a diferencia de los almacenes de las plantas manufactureras, desarrollan otro diseño por el tipo de actividad. Por ejemplo, casi todas las compañías surtidoras de productos, se

acostumbra que ellas mismas instalen sus productos en los “racks” o estantes del supermercado. También, si son productos perecederos, el mismo distribuidor retira los productos que han caducado. Existe una confianza mutua entre el proveedor y el cliente de la empresa.

5.3 Selección de mobiliario y equipo de almacén.

Hay diferentes tipos de almacenes. Hay, por ejemplo, almacenes que usan contenedores para productos químicos, agua, petróleo, gasolinas, etc. y los silos para acumular granos como maíz, avena, frijol y otros muchos más.

Silos:



Figura 5. 2 Silos de granos, fuente: <https://www.weg.net/institutional/ES/es/solutions/energy-efficiency/industrial-applications/grain-storage-silos>.

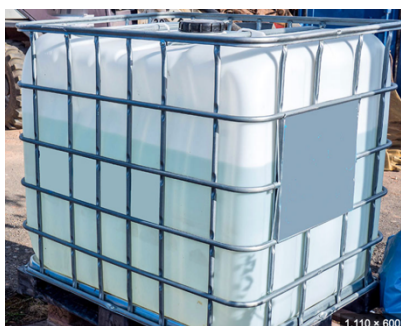


Figura 5. 1 Contenedores para productos químicos

Todos los productos que se almacenan requieren muy diversos contenedores para resguardarlos. Los productos intermitentes como los electrónicos requieren estanterías para almacenarlos. Aquí se verán diferentes tipos de contenedores, como los siguientes:

Estanterías:

Figura 5. 3 Estanterías, fuente: <https://www.simma.co/producto/estanteria-seleciva/>

Equipos para mover el material que está siendo almacenado.



Figura 5. 4 Carretilla hidráulica fuente: <https://tractomotriz.com/project/carretillas-hidraulicas/>

Montacargas:

Figura 5. 5 Montacargas, fuente: <https://www.mecalux.com.mx/manual-almacen/montacargas>.

Los materiales muchas veces requieren tarimas de plástico o madera para resguardarlos de la humedad o bien para ser trasladados por montacargas.

Tarimas o Pallets:

Figura 5. 6 Tarimas o Pallet, fuente: <https://go.microsoft.com/fwlink/?linkid=849660>

En la entrada y salida de los almacenes se requiere que haya acceso a los camiones de carga como tráileres. Las empresas por lo general deben tener andenes regulados en altura y con sistemas de seguridad para que los tráileres puedan maniobrar adecuadamente. La altura del andén debe ser adecuada para que los montacargas puedan introducirse sin ningún escalón dentro de la caja del tráiler.

Andenes:

Los andenes tienen una especie de amortiguador de goma para que la caja del camión no toque la base de hormigón y se pueda dañar. En la Figura 5.7 es la parte azul y roja.



Figura 5. 7 andenes, fuente <https://www.portalp.com/>.

5.4 Sistemas Informáticos de administración de almacenes.

Hay, desde luego sistemas informáticos para controlar todo lo que entra y sale del almacén. Entre estos están los mundialmente conocidos SAP, Oracle, People Soft, Bann, OneWorld, Software ERP, JDEdwards o el SSA GT. Sin embargo, estos programas son muy extensos y no solo cubren el área de almacén, sino que controlan las compras de materias primas, las ventas de las empresas, tienen un sistema para planear los recursos de materiales, pero también controlan la nómina, las finanzas, las compras y prácticamente todo lo que se mueve en una empresa. Hay gobiernos estatales o federales que compran los módulos que se adapten a sus necesidades. El sistema más conocido en nuestro entorno es el SAP, que lo usan Leoni Cable, Elektrisola, otro sería Oracle, lo usa la empresa Intermetro y seguramente hay más empresas locales que compran algún módulo.

Según (Varela, Exojo, & Rivas, 2013) “Un **Sistema de Gestión de Almacenes** es un **software** que permite la correcta **gestión** y el **control** de las actividades que se realizan en los mismos”.

Llamado también SGA tiene un uso más eficaz cuando es mayor el grado de automatización del almacén.

“MecaluxEasyWMS® Basic es un SGA destinado a gestionar las operaciones del almacén. Consiste en un conjunto de aplicaciones y herramientas informáticas integradas que interactúan entre sí” (Varela, Exojo, & Rivas, 2013).

En nuestro entorno se usa un software llamado Microsip para control de inventarios. Este software es más económico y fácil de usar. Fue desarrollado localmente.

Cuestionario de evaluación.

- 1) ¿Cuál es la función del almacén?
- 2) Mencione al menos 2 de las funciones del almacén.
- 3) ¿Para qué sirven los silos?
- 4) ¿Qué es embalaje?
- 5) ¿Cuál es la diferencia entre envase y embalaje?
- 6) ¿Qué es un andén?
- 7) ¿Cuántos y cuáles sistemas informáticos conoce para administrar los almacenes?
- 8) ¿Mencione algunos de los equipos para mover materiales en los almacenes?
- 9) ¿Qué entiende por layout?
- 10) ¿Qué entiende por “garbage in – garbage out”?
- 11) Investigar en nuestra localidad una empresa o dos que tengan un almacén con todas las funciones que se ven en este texto, sacar layouts, fotografías, equipo de almacén, tipo de software utilizado y ubicación del almacén. Preferentemente de plantas manufactureras.

Bibliografía

- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. México: Pearson Education.
- Lee J. Krajewski, L. R. (2007). *Administración de Operaciones*. México: Pearson.
- Fogarty. (2006). *Administración de la Producción e Inventarios*. México: CECSA.
- Heizer, B. R. (2004). *Principios de Administración de operaciones*. México: Prentice Hall.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones* (Vol. Quinta Edición). Pearson Educación de México.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2014). *Administración de Operaciones*. McGraw-Hill.
- Krajewski Lee, R. L. (2000). *Administración de Operaciones*. México, México: Quinta Edición, Pearson Educación.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhortra, M. (s.f.). *Administración de Operaciones*. (Décima, Ed.) México: Pearson Educación de México.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administación de Operaciones*. Prentice Hall.
- Machuca, J. A., González, S. G., & Jiménez, A. R. (1995). *Dirección de Operaciones*. (M. J. Norte, Ed.) Sevilla: McGraw-Hill Interamericana.
- Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (Vol. Tercera Edición). Pearson Educación de México.
- Monks, J. (1991). *Adminisstración de Operaciones*. México: McGraw Hill.
- Oracle Corporation. (2024). *12 Tips for Warehouse Layout Efficiency*. Retrieved from <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/warehouse-layout.shtml>
- Render, B., & Heizer, J. (1996). *Principios de Administración de Operaciones*. (P. H. S.A., Ed.) México: Prentice Hall.
- Render, B., & Heizer, J. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. (Q. Edición, Ed.) México: Pearson Educación de México.
- Riggs, J. L. (1994). *Sistemas de Producción*. México: Limusa.
- Schonberger, R. J. (1992). *Manufactura de Clase Mundial*. Norma.
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M., & Rungtusanatham, J. (2005). *Administración de Operaciones*. México: McGraw-Hill.
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y Control de la Producción*. McGraw-Hill.

Sipper, D., & Bulfin, R. (s.f.). *Planeación y Control de la Producción*.

Smith, A. (1776). *Wealth of Nations*.

Varela, A. C., Exojo, A. M., & Rivas, M. T. (2013). *Técnicas de almacén*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España.