

ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

1^{ERA} EDICIÓN

Iván Gómez Gómez
Jorge G. Brito Aguilar



UIDE
Universidad Internacional del Ecuador
Guayaquil

Administración de Operaciones

1^{ER} EDICIÓN

IVÁN GÓMEZ GÓMEZ
CEIPA Business School

JORGE GIOVANNY BRITO AGUILAR
Universidad Internacional del Ecuador - UIDE

MARTHA GUERRERO CARRASCO
Universidad Rey Juan Carlos

GIUSEPPE VANONI MARTÍNEZ
CEIPA Business School

ANDRÉS GÓMEZ RÍOS
United Parcel Service

JULIAN ZAPATA CORTÉS
CEIPA Business School

IVÁN GÓMEZ GÓMEZ & JORGE G. BRITO

Emprendimiento y Negocios

Primera edición

Ecuador, 2020

ISBN: 978-9942-36-891-1

Formato: 210 x 270 mm

Páginas: 192

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual.

Editores: Jorge Brito Aguilar & Iván Gómez Gómez

Equipo de producción: Diandra Brito Troncoso

Directora: Paulina Gálvez Calle

Composición: Britto Consulting & Teaching


Universidad Internacional del Ecuador
Guayaquil



CONTENIDO

- 8** | **Introducción**
- 9** | **Estrategia en la Administración de Operaciones**
- 18** | **El producto y los procesos**
- 56** | **¿Qué es la productividad?**
- 81** | **Entendiendo la calidad**
- 108** | **Los costos en las operaciones**
- 114** | **Análisis de la demanda de los productos**
- 132** | **Planeación de las operaciones**
- 146** | **Metodologías especiales de planeación de Operaciones**
- 162** | **La logística y la cadena de abastecimiento**
- 172** | **Los inventarios**
- 189** | **Referencias**

Introducción

Esta publicación sugiere un camino que permita a los lectores acceder a los elementos básicos que todo ejecutivo debe conocer para aplicarlos adecuadamente en sus actividades diarias. Este libro es ideal para emprendedores, administradores, directivos y todos aquellos que tengan inquietudes por la administración de operaciones.

No pretendemos ser exhaustivos en los conceptos e hilar fino en la literatura. El propósito más bien es dar a conocer los elementos y la evolución de nuevas herramientas que persiguen el objetivo fundamental de las operaciones: eficiencia en la cadena de suministros que se traduce en ahorros y diferenciación como sistema de competitividad.

Los conceptos y aplicaciones se enfocan al lector latinoamericano que desarrollan sus actividades profesionales en sectores estratégicos de países emergentes donde las operaciones y otras áreas -como la dirección comercial- confluyen permanentemente en procura de mejorar las relaciones con los clientes. Esta obra procura darle un nuevo sentido a la administración de operaciones para apoyar, sostener y diferenciar el negocio, muchos de los cuales son negocios familiares.

El libro abarca tres aspectos fundamentales: calidad y productividad, planeación y control de las operaciones, y administración de inventarios y logística.

Es oportuno señalar que los problemas y soluciones propuestas en esta obra, podría tener diversas perspectivas, dado que la administración de operaciones -desde nuestra visión- es una mezcla de conocimientos, creatividad, arte y habilidad personal; otros autores sugieren que las operaciones son una cadena de “sentido común estructurado”. Invitamos a los lectores a participar activamente de este modelo de aprendizaje, en el cual la teoría y la práctica se conjugan en una vivencia personal.



1. CONCEPTOS
2. ENTORNO DE LAS ORGANIZACIONES
3. ESTRATEGIA EN LAS OPERACIONES
4. LA MEZCLA DE LAS OPERACIONES

Iván Gómez Gómez
Jorge Brito Aguilar
Martha Guerrero Carrasco

1. Conceptos

Hace algunos años se consideraba la Dirección de Producción dentro del contexto netamente fabril y se dejaba de lado una realidad del día de hoy, en el sentido de que también hay que gerenciar las empresas de servicios. Es por ello que el término “Operaciones” se tomó como una expresión que abarca tanto las acciones en el campo de fabricación como en el de servicios. Así que nuestro vocablo adecuado será “Dirección de Operaciones”, en el cual incluimos a cualquier tipo de empresa, independiente de su dedicación, tamaño o propiedad.

Al hablar de la Administración de Operaciones, necesariamente debemos plantear la diferencia de conceptos que consideramos equivalentes: administrar, dirigir y liderar. En el recorrido por el presente texto, descubriremos la gran diferencia que hay entre estos tres conceptos. Una de las cosas que tienen en común es que todas estas funciones por igual se miden a través de los resultados, de la gestión. Vamos a entender el vocablo “gestión” como los resultados obtenidos, mediante la utilización de unos recursos, en busca de unos objetivos, pasando de una situación inicial “A” a otra final “B” que se espera que sea mejor. El que gestiona es el administrador.

La gestión, la transformación, la producción, la fabricación, la generación de valor, son términos similares que están enmarcados dentro del contexto de los sistemas. Vamos a entender un “sistema” como un todo que lo componen muchas partes, en el cual cada parte contribuye al propósito del sistema, pero en la que ninguna parte por sí sola puede lograr dicho propósito, aunque cada una de las partes tenga su propio propósito de forma interdependiente. Es posible comprender cómo encaja cada parte en el sistema, pero no entenderemos el sistema si solo identificamos las partes de forma aislada. La única forma de entender un sistema es indagando el propósito que persigue, las interacciones entre los elementos que lo conforman y las interdependencias entre dichos elementos, inmersos en un entorno que contiene a dicho sistema.

Con base en lo anterior, podemos estudiar una definición de Dirección de Operaciones, más sencilla y concisa: La Dirección de Operaciones es la planeación y aplicación de todos los recursos que una organización posee para obtener sus bienes y servicios creando valor para el cliente. Aquí “planear y aplicar” no se refieren exclusivamente a la consecución de recursos, sino además y sobre todo al uso de estos recursos según las estrategias de la organización.

Algunos reconocidos autores proponen otras definiciones, aunque más complejas, en el fondo son iguales: “La administración de operaciones y suministro (AOS) se entiende como el diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). Por otra parte, Collier & Evans la definen como “la ciencia y el arte de asegurar que los bienes y servicios se produzcan y entreguen con éxito a los clientes” (Collier & Evans, 2009), y Heizer & Render la definen como “conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios la transformar los insumos en productos terminados” (Heizer & Render, 1996)

Podríamos asegurar que la diferencia entre las organizaciones se da especialmente en la forma como manejan sus operaciones. Gerenciar el sistema productivo (la operación productiva y de servicios) es gerenciar los procesos que lo conforman. En los siguientes apartados entenderemos qué es un proceso.

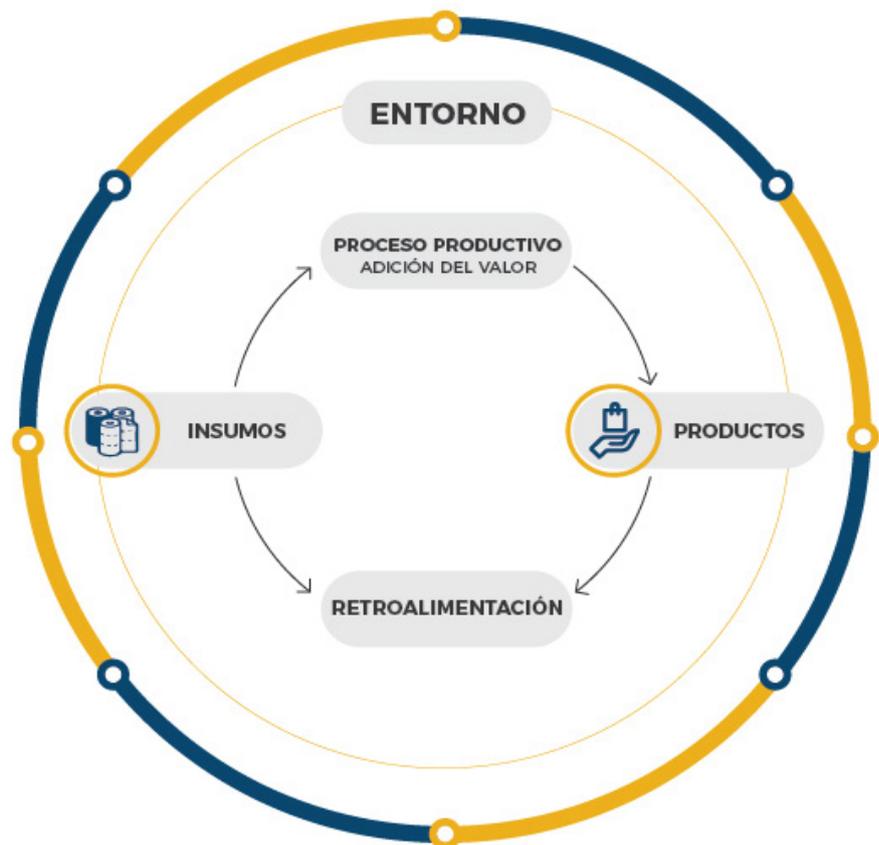


Ilustración 1.
Elementos generales
de un proceso.

2. Entorno de las organizaciones

Las empresas, independiente de su actividad económica o de su estrategia, están rodeadas de otras organizaciones y de unas fuerzas externas que la influyen. Ninguna empresa está sola en el mundo. Este es el sentido de lo que quiere decir entorno. La palabra como tal, significa en la Teoría de los Sistemas, el lugar donde pasan las cosas. Un modelo sencillo ayudará a comprender el concepto.

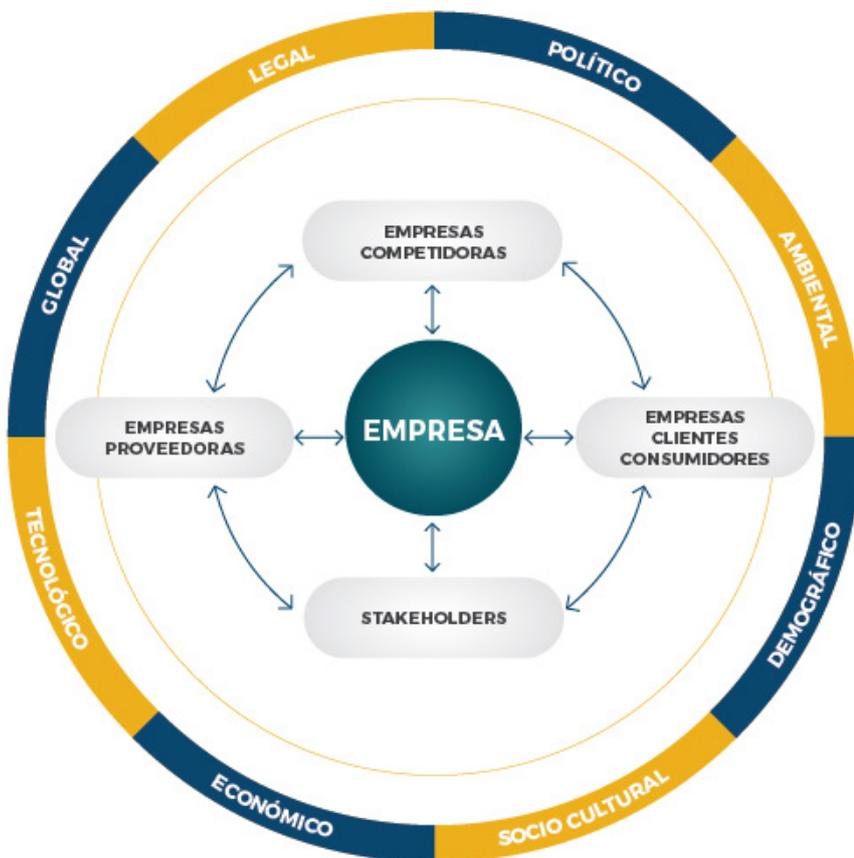


Ilustración 2.
Entorno de una empresa

La ilustración nos permite comprender que toda empresa está en constante interacción con otras empresas y con fenómenos externos que la afectan positiva o negativamente. Para comprender el modelo que se presenta, es necesario ubicarnos en el centro de la imagen, en el cual ubicamos a cualquier empresa: productora de bienes o servicios.

Las empresas tienen sus propios procesos para obtener sus productos o servicios, con los cuales se pretende atender a sus clientes y consumidores. Para lograrlo, requiere unos insumos y recursos que los obtiene de sus proveedores. A esto se le conoce como el entorno específico.

Tenemos, entonces, dos interacciones fundamentales, con sus clientes – consumidores y con sus proveedores. Es la empresa quien decide quiénes serán los proveedores -que abastezcan sus materiales e insumos, también decide para quién trabaja -segmento de mercado- y qué necesidades desea atender de ellos. Esto hace parte de la estrategia general.

La relación que la empresa tenga con sus proveedores y sus clientes – consumidores, determina en gran medida quiénes y cómo serán sus competidores. Un competidor, lo entendemos como otra empresa que satisface necesidades similares a las nuestras; por lo tanto, está disputándose los clientes – consumidores y -operativamente- la capacidad de nuestros proveedores. En la medida en que se logre satisfacer bien a los clientes, ellos tenderán a permanecer con la empresa, caso contrario, tenderán a cambiarnos por los competidores. Algo similar se puede inferir respecto a los proveedores.

Los stakeholders, -traducida al español como- grupos de interés o grupos de presión, son las personas -naturales o jurídicas- que tienen algún interés en los resultados de la empresa. Los más comunes son los clientes, los proveedores, los dueños y el Estado. Pero la idea va más allá, pues hay algunos grupos que, sin pertenecer a los mencionados, pueden tener interés, para bien o para mal. Es el caso de los ambientalistas, los vecinos de la empresa, la comunidad, entre otros. A éstos *stakeholders* también hay que gestionarlos.

Hay fuerzas externas que afectan a todas las empresas por igual, denominadas “entorno general”. Se refiere a la economía, las leyes, la sociedad, la política, la tecnología, lo ambiental, la globalización, entre otros. Estas fuerzas que interactúan con la empresa, deben conocerse, y en lo posible, prospectarse, con la finalidad de gestionar la estrategia y las acciones de la empresa para mantenerse en dicho entorno.

3. Estrategia en las operaciones

La planeación estratégica de las organizaciones tiene varios caminos que pueden orientarla, pero el más utilizado es el de la definición de la misión, la visión y los objetivos estratégicos. Otros modelos pueden ser la cadena de valor y el Balanced Scorecard.

Cuanto utilizamos la palabra “estrategia”, hacemos referencia a la actividad reflexiva que a largo plazo realiza un gerente, buscando llevar a la organización hacia un rumbo determinado, por un camino pre-establecido. Muñoz Negrón (2009) establece que “La estrategia de una empresa (...) implica la toma de decisiones en tres aspectos: a) el mercado meta, b) los recursos disponibles y c) el sistema de producción”. Adicionalmente, sugiere tres estrategias funcionales principales: 1) estrategia de marketing, 2) estrategia de finanzas y, 3) estrategia de operaciones, las cuales, deben estar perfectamente alineadas con la estrategia de la empresa.

“Una estrategia es el enfoque por medio del cual una organización busca desarrollar las capacidades que requiere para lograr su ventaja competitiva” (Collier & Evans, 2009). Collier & Evans (2009) definen planeación estratégica como “el proceso de determinar las metas, políticas y planes a largo plazo de una organización”.

El objetivo de la planeación estratégica es construir una posición que sea tan fuerte en las formas seleccionadas que la organización logre sus metas a pesar de las fuerzas externas imprevisibles que llegaran a surgir. Por otra parte, Chase, Jacobs & Aquilano (2009) plantean que “La estrategia de operaciones y suministro se ocupa de establecer las políticas y los planes generales para utilizar los recursos de una empresa de modo que apoyen de forma más conveniente su estrategia competitiva a largo plazo”.

En general, y dependiendo del modelo de planeación estratégica, se establecen tres niveles de las mismas: estrategia corporativa, estrategia de negocio, estrategia funcional, las cuales se desarrollan y ejecutan o implementan en ese mismo orden. Es en este último nivel donde vamos a centrar la atención en los siguientes párrafos.

Cuando una organización ha determinado la estrategia en sus tres niveles, debe igualmente preocuparse porque en cada una de las áreas funcionales (estructura funcionalista) o de sus macroprocesos (estructura horizontal) tenga definida y pueda ejecutar la parte de la estrategia que le corresponde. “El desarrollo de una estrategia de operaciones involucra la traducción de las prioridades competitivas a capacidades operativas por medio de realizar varias elecciones e intercambios para las decisiones de diseño y operación” (Collier & Evans, 2009). Lo que debe quedar supremamente claro es que esta estrategia operativa debe estar completamente alineada con las estrategias de negocio y corporativa; y cohesionada con las estrategias de las otras áreas funcionales o macroprocesos (comercial, financiero, talento humano, entre otras.)

Según Heizer & Render (2009), los tres componentes específicos de la estrategia están en la diferenciación (producto), el costo (recursos) y la respuesta (flexibilidad), los cuales determinan en las diez decisiones estratégicas en el área de operaciones se deben establecer en: diseño de bienes y servicios, calidad, diseño del proceso y capacidad, selección de la localización, diseño de la distribución de las instalaciones, recursos humanos y diseño del trabajo, administración de la cadena de suministro, inventario, programación, mantenimiento.

De forma análoga, Krajewski, Ritzman & Malhotra (2008) se refieren a los componentes de la estrategia en cuatro dimensiones: costo, calidad, tiempo y flexibilidad; haciendo énfasis en que una estrategia de operaciones debe estar centrada en el cliente, pero con esfuerzos interfuncionales. Se podría agregar a ellas, la innovación.

Chase, Jacobs, & Aquilano (2009) definen la estrategia de operaciones y suministro como el establecimiento de políticas y planes para utilizar los recursos de una empresa con la finalidad de apoyar la estrategia competitiva, en la cual se involucran decisiones en relación con el diseño del proceso, la infraestructura, la tecnología, la ubicación, el tamaño de las plantas y centros de distribución, las curvas salariales, la capacidad, el aseguramiento de la calidad y el diseño mismo del producto.

4. La mezcla de las operaciones

Al interior de las empresas, para dar cumplimiento a la estrategia empresarial, es necesario tener claridad acerca de lo que se puede y lo que no se puede lograr. Este análisis interno puede lograrse mediante lo que se conoce como “prioridades y capacidades”.

PRIORIDADES

Comprender qué quiere el cliente y con base en ello determinar cuál debe ser el foco primordial en las operaciones.

CAPACIDADES Y RECURSOS

Especificar con qué habilidades cuenta la empresa, qué recursos tiene para competir y cuál es el desempeño actual frente a sus competidores.

Cuando las empresas han establecido su estrategia integral, es necesario determinar la estrategia de operaciones. Con base en lo expresado por Krajewski, Ritzman & Malhotra proponen la comprensión de la estrategia de operaciones, con base en las dimensiones de: costo, calidad, tiempo, flexibilidad e innovación. A esto lo llamaremos “la mezcla de operaciones”.

En cada una de las dimensiones estratégicas, la empresa debe decidir hasta donde debe y puede llegar. Se parte de la premisa de que ninguna empresa puede ser perfecta y, además, que ninguna empresa puede ser buena en todo. Esto no quiere decir que se descuiden algunos elementos, sino que el foco de los esfuerzos se debe centrar en lo que realmente más le aporta a la empresa para lograr su estrategia de operaciones.

CALIDAD

La entendemos como la satisfacción de las necesidades del cliente. Hoy día, quienes compran un producto o reciben un servicio están suficientemente informados sobre lo que se ofrece y están protegidos por leyes en beneficio del consumidor. El cliente da por hecho que los productos tienen una calidad mínima aceptable, que el producto o servicio que adquieren funciona apropiadamente para lo fue diseñado.

No obstante, si una empresa quiere ser competitiva, su calidad debe ser mejor a la de sus adversarios, o como mínimo similar. Calidad superior significa que las necesidades de los clientes no solo son satisfechas, sino que las expectativas se sobrepasan con el producto o servicio prestado. Por otro lado, la calidad debe ser consistente, lo que significa que los productos o servicios ofrecidos siempre cumplirán con los requerimientos.

Para Chase, Aquilano y Jacobs (2009), definen la calidad estratégicamente como la naturaleza del diseño y la cualidad del proceso. “Hacerlo bien es mejor”, esta sería la frase que sintetiza el foco que una empresa debe dar a la calidad cuando considera que es una dimensión estratégica, más allá del simple cumplimiento de requisitos y necesidades.

COSTO

Una guerra de precios no la gana nadie. Competir con precio es una estrategia válida, pero según el contexto, podría o no ser apropiada. Hay que recordar que el precio afectará en últimas el mercado desde dos ópticas diferentes: Un precio bajo tiende a aumentar el volumen de ventas, un precio bajo tiende a asociarse con calidad inferior, aunque no exista evidencia que compuebe esta relación.

Al hablar de costo como dimensión estratégica, no se hace referencia a la estrategia de precios bajos. El precio siempre tendrá una influencia directa en la percepción que el cliente tendrá acerca del producto final. Pero también es válido pensar que, a menor costo, el margen de rentabilidad aumenta, lo que redundará en mayores utilidades. Como se verá más adelante, un costo controlado significa que la empresa estratégicamente ha actuado sobre la eliminación de sus desperdicios, que son una fuente importante de costos de una empresa.

Las decisiones de costos tienen que ver también con aspectos como las economías de escala, pues la fabricación y venta en volumen implican disminución de los costos fijos que redundan en mejores negociaciones. Otro aspecto a considerar en la estrategia es la ubicación de las instalaciones, ya que la cercanía a sus clientes y a sus proveedores tiende a reducir los costos.

Chase, Aquilano y Jacobs (2009) definen esta dimensión como la decisión entre costo y precio, entre fabricar el producto a bajo costo o transmitir una imagen de más calidad a un mayor precio. La frase que resume la estrategia podría ser “más barato es mejor”.

TIEMPO

Se dice que una empresa mejora su competitividad en el mercado no porque sea más grande que sus rivales, sino porque es más rápida que ellos. Ese es el mensaje para la estrategia en términos de esta dimensión. El cliente de hoy prefiere obtener sus productos y servicios lo más rápido posible, no le gusta esperar.

La dimensión de tiempo se puede comprender como la rapidez de la respuesta de una empresa a sus clientes. Esta rapidez no es solo en la entrega de sus productos o servicios, sino en la rapidez para diseñar algo nuevo, en la velocidad con la que renueva sus productos y en el cumplimiento de las promesas de entrega.

Chase, Aquilano y Jacobs (2009) afirman que la capacidad de una empresa para entregar sus productos más rápido que sus competidores, se convierte en una ventaja significativa. Sintetizamos en una frase la estrategia de tiempo: “más rápido es mejor”.

INNOVACIÓN

No es solo que los gustos de los clientes estén cambiando constantemente. El cliente de hoy, cada vez más difícil de complacer, quiere productos diferentes porque surgen necesidades y deseos nuevos.

Innovar, en el contexto de la Administración de Operaciones, significa generar productos nuevos, bien sea para mercados ya existentes, o con la finalidad de satisfacer nuevas necesidades. Significa estar a la búsqueda de nuevos nichos, tomando la delantera a sus competidores. Cuando hablemos de diseño de producto y de proceso, se abordará este aspecto con más detalle.

Esta dimensión estratégica debería permanecer como una condición permanente de las empresas. Una empresa que no se renueva, se queda en el pasado, atendiendo a clientes estáticos y, por lo tanto, tenderá a desaparecer con el tiempo. Atender a la innovación implica renovarse en tecnología, en procesos, en materiales, en productos. Sintetizamos la dimensión estratégica de la innovación con esta frase: “más actualizado y diferente es mejor”.

FLEXIBILIDAD

Todas las dimensiones estratégicas mencionadas guardan relación unas con las otras. Esto no significa que mejorar -hacer énfasis- en alguna de ellas implique desmejorar la otra.

Cuando se considera la flexibilidad, en el sentido de adaptabilidad, se hace alusión a qué tan fácil y rápido es capaz una empresa de acomodarse a las situaciones actuales y futuras. Un cliente puede querer algo hoy, pero mañana puede esperar algo diferente, pero lo quiere ya.

Entendemos la flexibilidad como la respuesta o la reacción de una empresa de forma apropiada y oportuna a los cambios en las necesidades actuales y futuras de sus clientes. La forma de ser adaptable, se identifica en las capacidades de la empresa para personalizar un producto, su habilidad de ofrecer variedad a sus clientes, o de atender demandas (en el sentido de ventas) que pueden aumentar o disminuir por situaciones económicas o de otro origen.

Chase, Aquilano y Jacobs (2009) sostienen que es estratégico ofrecer una amplia variedad de productos y ser rápido en desarrollar dichos productos y adaptar sus procesos con la misma agilidad. “Más oportuno es mejor”, sería la frase con la que resumimos la estrategia de flexibilidad, pues adaptarse es atender lo que el cliente quiere, cuando lo quiere y donde lo quiere.

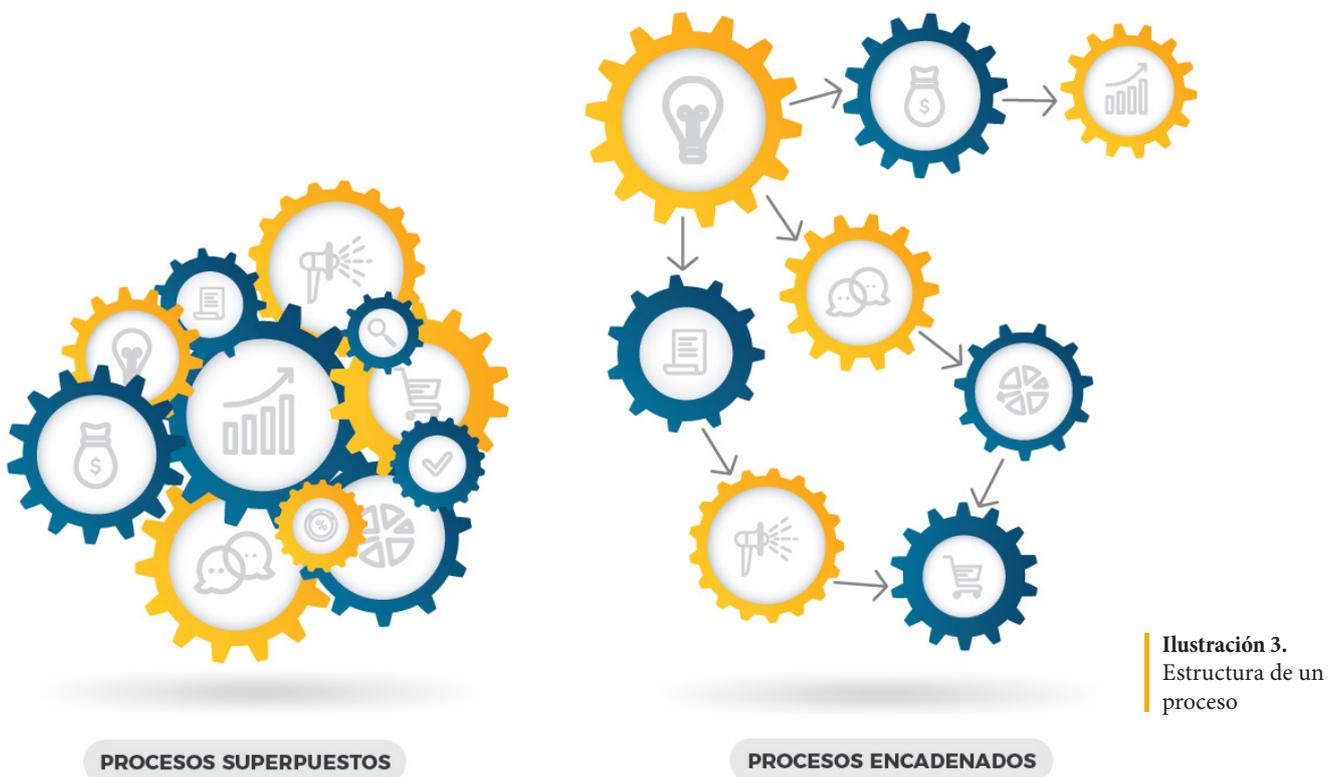
Iván Gómez Gómez
Jorge Brito Aguilar
Giuseppe Vanoni Martínez



1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE PROCESOS
2. QUÉ ENTENDEMOS POR PROCESO
3. TRUEQUES (TRANSACCIONES O NEGOCIACIONES)
4. DISEÑO DEL PRODUCTO
 - 4.1. DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD QFD
 - 4.2. DESIGN THINKING
5. DISEÑO DEL PROCESO, TIPOS DE PROCESOS Y DISPOSICION INTERNA
 - 5.1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
 - 5.2. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA
 - 5.3. LAYOUT O DISPOSICIÓN INTERNA
 - 5.4. ¿QUÉ TIPO DE FLUJO DE PRODUCCIÓN TENEMOS?
 - 5.5. MÉTODO PARA LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA POR PROCESOS
 - 5.6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA PROCESOS CONTINUOS (METODOLOGÍA JUSTO A TIEMPO)
 - 5.7. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA OFICINA
 - 5.8. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE UN PUNTO DE VENTA
 - 5.9. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL ALMACÉN

1. Análisis y diseño de procesos

Todas las empresas (organizaciones) obtienen sus productos o servicios, basándose en la ejecución de una serie de pasos previamente estudiados, con la finalidad de garantizar siempre los mejores resultados. Ubiquemos el entorno empresarial, basándonos en las ilustraciones 1, 2 y 3, en las cuales se esboza la estructura de un proceso desde ópticas diferentes:



En las ilustraciones 1 y 2, hacemos referencia a la organización horizontal, o sea estructurada por procesos, la cual muestra suficiente claridad en las actividades que debe realizar, permitiendo con ello entregar el resultado solicitado por el cliente. En este tipo de empresas es posible determinar claramente qué roles debe cumplir cada persona y qué recursos requiere. Los requisitos, las necesidades específicas, son los resultados solicitados por el cliente. El cliente determina lo que quiere y lo expresa a través de sus requisitos. La satisfacción de estas necesidades las proporciona la empresa con los resultados que ofrece, a través de sus procesos transformadores:

Ilustración 4.
Comprensión del proceso



La ilustración 3, aclara algo fundamental: el cliente es quien decide qué quiere y la empresa es quien debe indagar los deseos del cliente. Por eso la expresión “crear mercado para un producto” no es totalmente correcta. En este mismo cuadro observamos que el proveedor debe constantemente pensar en cuáles son las necesidades de sus clientes, mientras que el cliente siempre estará pensando en los resultados que le están ofreciendo los diferentes proveedores, entre quienes escogerá el que lo satisfaga mejor.

No puede concebirse un proceso sin un objetivo. Un objetivo no se alcanza sin un plan, un plan no se controla sin un indicador. Así que un proceso no puede concebirse como un elemento aislado de la estrategia organizacional. El objetivo de un proceso no puede desligarse de las necesidades y requerimientos del cliente. Para entender el proceso, éste debe separarse en sus componentes y analizar las relaciones que hay en ellas, de cara a las necesidades del cliente.

2. Qué entendemos por proceso

Definamos un proceso, considerando sus elementos constitutivos:

- Es una serie de acciones (tareas y actividades) ordenadas y coordinadas que
- al transformar los insumos y recursos disponibles,
- agregan paulatinamente valor,
- hasta obtener unos resultados (productos y servicios),
- con el fin de satisfacer las necesidades y deseos de los clientes.

Un proceso, entonces, es una sucesión de actividades interdependientes que buscan la consecución de un resultado orientado a un cliente interno o externo, en la que se agrega valor a un insumo y que contribuye a la satisfacción de una necesidad manifestada por los clientes. Un proceso es una secuencia de actividades que crean valor para el cliente.

Los insumos son los elementos de entrada que se consumen en el proceso para agregar valor al resultado final (materia prima, por ejemplo); los recursos son los elementos de entrada para el proceso de transformación o proceso productivo que se emplean una y otra vez se gastan, pero no se consumen totalmente: aquí identificamos el recurso humano, la energía, la información, los bienes de capital. Los resultados o productos son los bienes y servicios que se obtienen después del proceso de transformación, luego de agregar valor a los materiales, hasta obtener la satisfacción del cliente con un bien y/o un servicio.

Con base en esta definición, podemos asegurar que todo trabajo es un proceso. Esta idea es muy clara: es posible identificar sus proveedores, sus insumos, su transformación, sus resultados y sus clientes. Generalmente un trabajo está conformado por subprocesos.

Una empresa es todo un sistema. Dentro de este sistema encontramos diferentes procesos y subprocesos (trabajos). Si observamos las diferentes áreas que conforman el organigrama, éstas se pueden considerar como procesos (Mercadeo, Finanzas, Recursos Humanos, Operaciones, Informática, etc.). Aquí hay una gran diferencia entre los actuales y los viejos modelos: Hay una evolución de Áreas funcionales enfocadas a las tareas, hacia áreas integradas que se enfocan a los procesos.

En el caso del proceso de “Operaciones” al analizar sus elementos, encontramos los proveedores (de materia prima e información), encontramos una serie de actividades de transformación que agregan valor (proceso productivo o prestador de servicios) y encontramos los clientes (que reciben los resultados del sistema). La Administración de Operaciones actúa sobre los insumos, el proceso y los resultados. Es la responsable de obtener los productos (bienes y servicios) de la empresa, para lo cual debe tomar “decisiones” relacionadas con el proceso operativo, los sistemas de transformación, los insumos y los recursos.

En la sección siguiente vamos a discutir las cinco áreas en las cuales las empresas que no tienen visión de sistemas, tendrán la necesidad de hacer “concesiones, trueques o negociaciones” internas, buscando optimizar sus resultados “locales” (objetivos personales y no objetivos organizacionales). Estas ideas ya están reevaluadas, y hoy día se plantean estas mismas decisiones, pero no como trueques irreconciliables sino como aspectos esenciales del aparato productivo que deben administrarse y por consiguiente deben establecerse políticas para cada uno de ellos, con sus respectivos objetivos.

3. Trueques (Transacciones o Negociaciones)

En la concepción tradicional, o sea, el enfoque funcional (por funciones o departamentos) el Director de Operaciones considera como mínimo cinco áreas de decisión que interactúan y las cuales no pueden satisfacerse todas al mismo tiempo:

- El Proceso
- La Capacidad
- El Inventario
- Los Recursos Humanos
- La Calidad y la Productividad

En las estructuras funcionalistas, encontramos que tradicionalmente hay cinco áreas funcionales en toda organización que juegan un papel preponderante alrededor de la función operativa y que tienen intereses en todas las áreas de decisión citadas:

Mercadeo	→	Actúa sobre la demanda de bienes y servicios
Operaciones	→	Actúa sobre la oferta de bienes y servicios
Finanzas	→	Adquiere y distribuye el capital requerido
Recurso Humano	→	Adquiere y distribuye el capital humano necesario
Informática	→	Provee y administra la información

El Director de Operaciones toma constantemente decisiones, sea a nivel estratégico (largo plazo), táctico (mediano plazo) u operativo (corto plazo). Algunas de estas decisiones, que conllevan importantes responsabilidades, están enmarcadas dentro del conflicto de las cinco áreas de decisión (proceso, capacidad, inventario, recurso humano y calidad) y los intereses de las áreas funcionales con quienes interactúa permanentemente (Finanzas, Mercadeo, Recursos Humanos, Informática). Estas decisiones suelen identificarse claramente, por lo que tienden a convertirse en un factor supremamente conflictivo, controversial o de objetivos que se contraponen:

PROCESO: Diseño y gestión del proceso acorde con las necesidades:

- ¿Qué tipo de proceso debe seleccionar?
(continuo, repetitivo, intermitente)
- ¿Cuál es la tecnología requerida?
- ¿Cómo debe ser el flujo del proceso?
- ¿Cuál es la mejor distribución física?

CAPACIDAD: Cantidad de producción requerida para cada período:

- ¿Cómo deben ser los planes de capacidad (corto, mediano y largo plazo) según la visión estratégica del negocio?
- ¿Cómo garantizar la buena preparación de pronósticos de demanda?
- ¿Qué aspectos considerar para la planeación de las instalaciones a largo plazo?
- ¿Cómo realizar Planeación Agregada para el mediano plazo?
- ¿A qué detalle debe hacerse la programación de actividades a corto plazo?

INVENTARIO: La gestión del inventario conlleva la decisión de determinar la cantidad de capital que se va a inmovilizar en la bodega:

- ¿Cuándo y cuánto pedir (producir)?
- ¿Cómo gestionar las compras, el almacenamiento, la distribución?
- ¿Qué controles y qué cantidad de control se debe ejercer sobre los productos terminados, productos en proceso y la materia prima?

RECURSO HUMANO: Gestionar el principal recurso de toda organización (por ser éste donde se encuentra el “concomimiento”):

- Diseño de los puestos de trabajo.
- Requisitos para el cargo (perfil por competencias).
- Cómo y cuánta medición de trabajo debe hacerse (tiempos esperados de las operaciones).
- Cómo medir la productividad y cómo mejorarla continuamente.
- Cuál es la plantilla de personal requerida (cantidad de personas por cargo).
- Cuál es el nivel de capacitación y entrenamiento requeridos y / o suministrados.

CALIDAD: Asegurar la conformidad de los bienes y servicios:

- ¿Qué modelo emplear para la planeación de la calidad?
- ¿Cómo realizar el control estadístico de la calidad?
- ¿Cómo poner en marcha el programa de mejoramiento continuo?
- ¿Qué calidad del servicio se espera y cómo conseguirla?
- ¿Certificarse o no?

La gestión del Director de Operaciones se medía, según el modelo de los trade-off o intercambios, por el funcionamiento equilibrado (o más bien acordado) de estas cinco áreas de decisión. El equilibrio entre las decisiones estratégicas involucraba a toda la compañía; es por ello que con frecuencia se presentaban conflictos aparentemente irreconciliables entre los directivos de la organización, pues como lo mencionamos anteriormente, las otras áreas funcionales tenían otros intereses locales.

Para comprender mejor la trascendencia de los conflictos entre las áreas funcionales de la Organización, vamos a analizar en el ejemplo siguiente cómo entran en conflicto cuatro gerentes de la Compañía “Modelos S.A.” en lo relacionado al manejo del inventario, partiendo de unas ventas mensuales en pesos de 10.000.000

Escenario	Inventario de materiales	Productos en proceso	Productos por empacar	Producto terminado	Inventario total
1	3.000.000	300.000	700.000	4.000.000	8.000.000
2	4.000.000	—	1.000.000	3.000.000	8.000.000
3	1.000.000	600.000	400.000	5.000.000	7.000.000
4	2.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	5.000.000
5	—	—	4.000.000	2.000.000	6.000.000

Tabla 1.
Inventarios en una planta productiva
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los cinco escenarios de la tabla anterior, surgen las siguientes preguntas:

Para el Director de Ventas, ¿cuál es el mejor escenario?

Para el Director de Operaciones, ¿cuál es el mejor escenario?

Para el Director de Financiero, ¿cuál es el mejor escenario?

¿Qué le conviene más a la Empresa en general?

¿Qué le conviene menos a la Empresa en general?

Cuando las áreas de decisión entran en conflicto (proceso, capacidad, inventarios, recurso humano y calidad), es cuando surgen, como alternativas de solución, los trueques o transacciones, lo que quiere decir que habría la necesidad de sacrificar parte de una decisión en beneficio de otra decisión; quizá alguna área funcional vería sacrificadas sus metas debido a las metas de otra área funcional.

En el caso del ejemplo citado, Mercadeo quizá diga que le interesa tener inventarios de producto terminado porque eso es lo que va a vender y por consiguiente el servicio será mayor (escenario 3), mientras que Financiera preferiría el menor valor de inventarios pues es menor el inmovilizado (escenario 4), en tanto que para Operaciones el ideal es un inventario equilibrado entre producto terminado e inventario de materia prima, para atender rápidamente los requerimientos (escenario 2), para Gestión Humana quizá el escenario ideal (sin tener que tomar partida en esta decisión) sería el de un inventario que garantice que todos estén ocupados (escenario 3) pero sin excesos de inventario. Algunos ejemplos de trueques (trade-off), negociaciones o transacción entre decisiones, pensando en llegar a acuerdos que beneficien a otras áreas:

PROCESO:

¿En línea, intermitente o por proyecto?

CAPACIDAD:

¿Instalación grande o varias pequeñas?

¿Máxima capacidad e inventario bajo? o ¿Inventario alto y baja capacidad?

¿Fuerza de trabajo estable o variable según la demanda?

INVENTARIOS:

¿Inventario de seguridad alto o bajo según el servicio?

¿Sistema de planeación extenso o sencillo?

¿Costo alto por pedir (producir) o costo alto por almacenar?

RECURSO HUMANO:

¿Trabajadores especializados o generalistas? ¿Personal propio o tercerizado?

¿Qué grado de supervisión debe ejercerse? ¿Medir o no el trabajo?

CALIDAD:

¿Prevención de fallas o detección de defectos?

¿Inspección antes de entrega o garantía?

¿Control del proceso o muestreo de aceptación? ¿Muchas o pocas inspecciones?

Se ha sugerido que la producción de grandes volúmenes tiende a eliminar muchos de los problemas de la operación, especialmente debido a las economías de escala con las cuales se logra reducir notablemente los costos unitarios, adicionalmente a la famosa curva de experiencia. Realmente no siempre son éstas las soluciones óptimas pues, como lo demuestra Goldratt, es posible que los grandes volúmenes oculten los verdaderos problemas del proceso productivo (Goldratt & Cox, 1998).

En los mercados globales de hoy ha surgido una nueva variable trascendental: Ya no hay mercados masivos, sino mercado segmentados, por lo que toda organización que desee mantenerse a flote debe aprender a manejar pequeños volúmenes de producción y ser supremamente flexible a los cambios en los gustos del consumidor y oportuno en las entregas. Parte de este tema se retomará en los conceptos de Producción Justo a Tiempo y la Teoría de las Restricciones que desarrollaremos en otro capítulo.

Al entender el sistema productivo como la transformación de los insumos (entradas del sistema) para convertirlos en productos (salidas del sistema), estamos afirmando que el Director de Operaciones es responsable de la gestión del proceso de transformación, así como de la realimentación continua que permita ajustar la combinación de insumos y tecnología para lograr los productos y servicios deseados (ver gráfico 1).

Conocer el sistema en su totalidad es esencial para gerenciarlo, como se ha sugerido en varias ocasiones. Para ello debemos recopilar toda la información de sus elementos y sus relaciones. Parodiando a Peter Drucker (2018) –a quien se atribuye la frase- se podría concluir que: si se tiene la información sobre el proceso, tenemos el poder de decisión sobre los resultados.

Resulta fundamental lograr un balance no sólo de las decisiones propias de la función de operaciones, sino además de las funciones de las áreas que puedan entrar en conflicto con ellas, tales como Mercadeo, Finanzas y Recurso Humano, especialmente. Este balance sólo se logra con una adecuada estrategia corporativa, en la que se especifica cómo va a competir la compañía en el mercado y el papel que debe desempeñar cada área: el rol de operaciones como soporte a la competitividad, el rol de mercadeo como interlocutor de los deseos del cliente y el rol de finanzas, recursos humanos e informática como proveedores de recursos.

Recordemos que la empresa es un equipo (con objetivos comunes) y no un grupo (con objetivos individuales) que trabaja bajo un sistema. Podemos concluir que al definir una estrategia corporativa que abarca toda la empresa, estamos dando un sentido de sistema; cuando la estrategia es local, ignoramos la esencia de sistema y los resultados globales no serán los mejores.

Por último, el rol operativo tiene cinco “dimensiones del desempeño” (indicadores clave, si se quiere) que debe atender, y los cuales debe optimizar simultáneamente. Nos referimos a las dimensiones de costo de la operación, confiabilidad en las entregas, calidad en sus resultados, flexibilidad a los cambios en las necesidades y oportunidad en las entregas. Estas dimensiones siempre marcarán la diferencia entre una buena y una mala gestión. A estas dimensiones nos referimos cada vez que planteamos una estrategia o desarrollamos un plan. Ya no hay trueque entre decisiones: las áreas de la compañía deben priorizar estas dimensiones buscando el beneficio general para la empresa.

4. Diseño del producto

Uno de los aspectos trascendentales dentro de la Dirección de Operaciones es la elaboración de un producto o servicio que cumpla con las necesidades, expectativas y gustos cambiantes de sus clientes. Cuando se diseña un producto, debemos tener en mente tres etapas fundamentales en el diseño:

DISEÑO FUNCIONAL: Hacemos referencia al diseño que se hace inicialmente y con el cual pretendemos satisfacer la necesidad de algún cliente. Es el prototipo, el diseño en borrador, el piloto o como quiera llamársele. Aquí el aspecto que se resalta es la funcionalidad, esto es, que el producto o servicio realmente cumpla con lo que el cliente espera, sin importar por ahora los costos incurridos en dicho modelo. Hablamos entonces de hallar las características mercadológicas del producto o atributos. “Con respecto a lo funcional: necesidad que busca satisfacer el nuevo producto. Incluye el aspecto funcional, señalando aquellos parámetros de desempeño que se esperan del diseño. También se debe mencionar el contexto físico (hogar, oficinas, medio urbano o rural, etc.) en que se utilizará el objeto a diseñar” (Rodríguez Morales, 2004).

DISEÑO INDUSTRIAL: Una vez que el producto o servicio tiene la aprobación del cliente -por así decirlo-, se pasa a la fase segunda. Necesitamos un producto o servicio que cumpla las expectativas del cliente, pero al que debe definírsele claramente los materiales a usar, las dimensiones, el proceso de producción y todos los requisitos técnicos. Aquí definimos entonces las características técnicas, las características físicas del producto. Diseñamos los planos, el proceso y las pruebas de aceptación. Conformamos entonces las “especificaciones” del producto, en lenguaje de ingeniería. “En condiciones normales, el diseño industrial es el responsable directo del éxito del producto en el mercado, pues es el responsable del valor añadido percibido por el consumidor, por lo que nadie puede dudar de su importancia dentro del entorno de la empresa industrial” (García Melón, Cloquell Ballester, & Gómez Navarro, 2001).

DISEÑO DE MANUFACTURA: Cuando técnicamente se ha logrado diseñar un producto o servicio que cumple con los requisitos del cliente y que tiene claramente definidas sus especificaciones, pasamos a la fase tercera y última del diseño: necesitamos un producto que podamos manufacturar o un servicio que podamos prestar con los recursos de que disponemos. Aquí surgen las necesarias concesiones, discusiones y acuerdos entre quien diseña y quien produce, pues un producto técnicamente puede ser viable, pero operativamente irrealizable. De aquí salen las instrucciones definitivas que se seguirán aplicando, y que se convertirán posteriormente en el procedimiento de elaboración del producto. “El diseño para la manufactura (DPM) es una técnica para evaluar los diseños de los productos, a fin de garantizar que se elaboren de manera eficiente con la tecnología disponible” (Collier & Evans, 2009).

Para que las diferencias entre las tres etapas del diseño no sean insalvables, o para evitar que sean un retraso considerable dentro del proyecto del nuevo producto o servicio, es conveniente que desde el comienzo se constituya un equipo interdisciplinario de mercadeo, ingeniería y manufactura, para que en conjunto lleguen a una solución más práctica y ágil en tiempo y costos. En ocasiones, el equipo es complementado por funcionarios equivalentes del cliente externo, cuando se diseña para otra empresa.

En términos generales, el desarrollo de la idea hasta la puesta en marcha, sigue la siguiente secuencia de seis fases cuando se trata de productos o bienes físicos tangibles de acuerdo a la propuesta de Chase, Jacobs, & Aquilano (2009).

- **FASE 0:** Evaluación Preliminar: Incluye la estrategia de la compañía (evaluación tecnológica y objetivos de mercado). Se enuncia la misión del producto-proyecto, mercado meta, metas del negocio, supuestos y restricciones.
- **FASE 1:** Conceptualización: Identificación de necesidades del mercado meta, generación y evaluación de conceptos alternativos y selección de algunos de ellos para desarrollo y pruebas.
- **FASE 2:** Estructura del Producto: Definición de la arquitectura del producto (geometría), división en subsistemas y componentes (con especificación de su funcionamiento) y diagrama de producción y ensamble preliminar.
Fase 3: Diseño detallado: Especificación completa de la geometría, identificación de todos los materiales, piezas y sus tolerancias, con la presentación de los planos de cada pieza y el ensamble.
- **FASE 4:** Pruebas y afinación: Construcción y evaluación de versiones prototipo, previas al producto final, posiblemente con métodos alternativos al establecido para producción, pero con toda la geometría especificada.
- **FASE 5:** Transferencia: Se elabora el producto con el método establecido para capacitar y familiarizar a los operarios, y para elaborar productos de prueba para los clientes.

Cuando nos referimos al diseño de servicios, esto es, los bienes intangibles, siguiendo a Heizer & Render (2009), podemos decir que los servicios generalmente son únicos y exclusivos, y por tanto en su definición y diseño hay que incluir al cliente mismo; sobre todo si se tiene en cuenta que la prestación del servicio se da en el mismo instante en que se le entrega al cliente. Es decir, su elaboración y entrega, por lo general, son simultáneos. Se proponen tres metodologías de diseño, dependiendo del tipo de servicio: retraso de la personalización, modularización, automatización parcial:

- **RETRASO DE LA PERSONALIZACIÓN:** Busca que en el diseño primero se hagan para todos los clientes las actividades comunes, dejando las actividades personales solo para el final (ejemplo: peluquería).
- **MODULARIZACIÓN:** Diseñar por módulos permite tanto el intercambio, la estandarización y la personalización (ejemplo: Dell).
- **AUTOMATIZACIÓN PARCIAL:** El servicio se divide en partes para que aquellas que se identifiquen las que se puedan automatizar, para reducir al máximo la interacción con el cliente (ejemplo: cajero automático).

4.1. Despliegue de la función de calidad QFD

Uno de los aspectos trascendentales dentro de la Dirección de Operaciones es la elaboración de un producto o servicio que constantemente cumpla con las necesidades, expectativas y gustos cambiantes de sus clientes.

Una forma de interpretar los deseos del cliente y convertirlos en especificaciones es utilizar la “Casa de la Calidad”, desarrollado por la Toyota para optimizar los procesos y que la denominó “Despliegue de la Función de Calidad (QFD en inglés o DFC en español)”, que consiste en una metodología que traduce la voz del cliente (atributos) en parámetros de diseño (especificaciones) que pueden utilizarse horizontalmente dentro de la empresa (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

La casa de la calidad, como también se le conoce a la matriz QFD, se desarrolla en cuatro matrices básicas (Agudelo Tobón & Escobar Bolívar, 2008):

- Identificar las necesidades del cliente, entender qué espera de sus productos o servicios, expresados en las propias palabras del cliente. Luego pasamos a analizar e interpretar la necesidad del cliente para elaborar a partir de ellas, las especificaciones que hacen que el producto o servicio final cumpla lo que el cliente desea (requisitos vs. especificaciones).
- Establecer los insumos requeridos que permitan cumplir con las especificaciones (insumos y partes).
- Determinar y desarrollar los procesos necesarios que permitan transformar los insumos en productos (operaciones).
- Detallar las especificaciones finales del producto para que el proceso de fabricación (o prestación del servicio) cumplan los deseos del cliente (plan de producción).

En otras partes se le conoce como “Desdoblamiento de la Calidad” y queda claro que el objetivo general de la herramienta es traducir las necesidades actuales de los clientes en características de producto (llamados a veces especificaciones), con base en las cuales se determina qué insumos se requieren, qué procesos se deben diseñar para alcanzar esas características y qué controles se deben implementar para garantizar que los procedimientos conduzcan a los objetivos.

El diseño obtenido, con las características positivas de calidad incorporadas, puede resultar bueno, y aunque sea agradable al cliente, tal vez le parezca a éste muy costoso, por lo cual es necesario reducir el costo del producto realizando un análisis de valor. Por esto hay que considerar la relación entre precio, utilidad y costo según el contexto actual:

Costo + Utilidad = Precio (si la empresa puede imponer el precio de venta al mercado)

Precio - Costo = Utilidad (necesidad de competir en el mercado)

Precio - Utilidad = Costo (hoy el mercado controla el precio y la utilidad)

El proceso QFD se desarrolla en cuatro matrices sucesivas, cuyo esquema general es como se muestra a continuación:

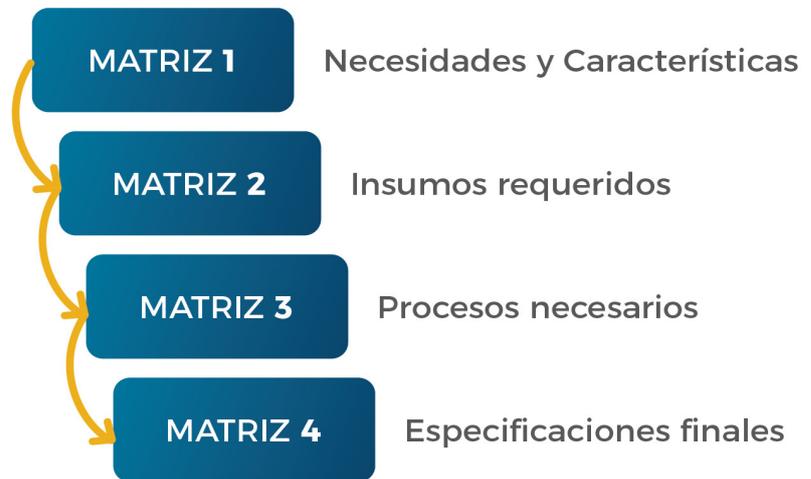


Ilustración 5.
Matrices en el diseño QFD
Fuente: Elaboración propia

El esquema general de la matriz se muestra a continuación, en el cual se destaca el orden en que deben ser abordados, comenzando por establecer los requerimientos del cliente, el entorno y plan de mejora, las características técnicas, las interrelaciones, las correlaciones, y por último los objetivos de diseño.

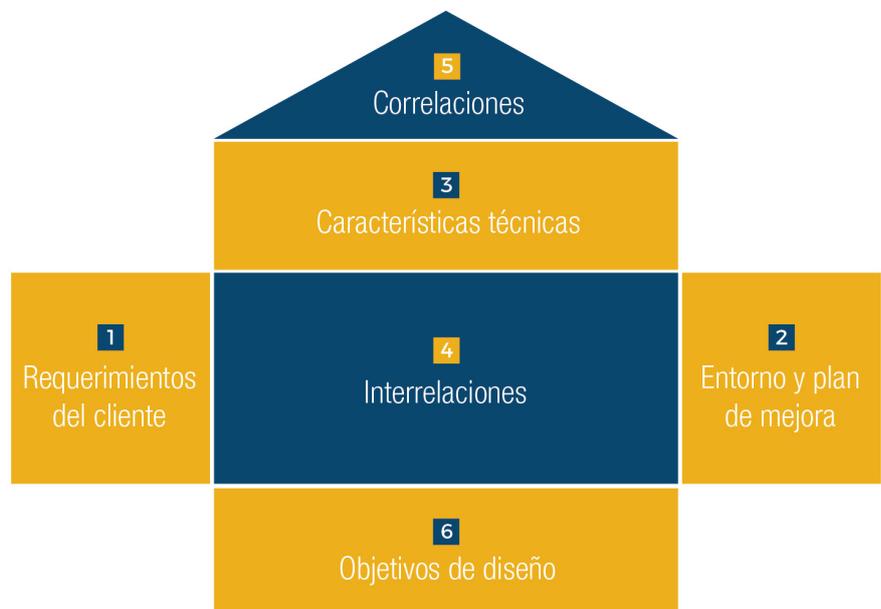


Ilustración 6.
Matriz QFD
Fuente: Elaboración propia

Aquí es necesario precisar que la metodología es similar para las cuatro matrices, teniendo en cuenta que las salidas de la una son las entradas de la otra.

Se explicará la metodología de la Matriz 1 (Identificación de las necesidades del cliente), de tal manera que se comprenda el paso a paso para su construcción. En nuestro caso, vamos a comentar cada uno de los seis cajones que conforman la primera matriz, enunciando los cálculos y siguiendo en el orden lógico apropiado. Desarrollaremos el modelo aplicándolo a un ejemplo relacionado con el “diseño” de empaque para “Bolsas de Basura”¹¹.

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

La más importante de todas las tareas es identificar cuáles son las demandas de los clientes, entendiendo dicha demanda como la voz del cliente. Estas demandas deben ser frases afirmativas, utilizando el lenguaje de los propios clientes y claras para toda la organización. El listado de demandas puede surgir a través de una lluvia de ideas (brainstorming) realizado por el propio equipo encargado del QFD. La lluvia de ideas arrojó las siguientes características: cierre resistente, sellado, fácil de cerrar, fácil separar del rollo, fácil abrir y colocar, biodegradable, no se rompa la bolsa, perfumada.



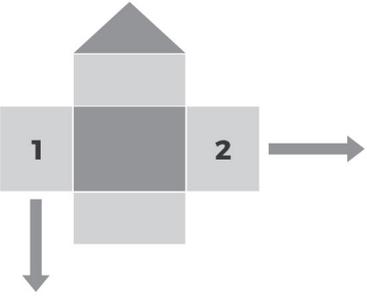
Ilustración 7.
Requerimientos del cliente
Fuente: Adaptación de
<https://slideplayer.es/slide/10227236/>

Así que obtendremos la lista de los requerimientos del cliente, agrupados por categorías. Esta lista de “demandas” o atributos de los clientes conforman la primera de las casillas de la matriz.

ENTORNO Y PLAN DE MEJORA

Para cada una de las demandas se valora una serie de aspectos. Hablamos de los cálculos que es necesario desarrollar para llegar a las cifras que nos servirán de punto de comparación:

¹¹ El ejemplo se bajó de internet, pero no ha sido posible recuperar la fuente actual. El enlace que aparece es <https://slideplayer.es/slide/10227236/>. Los comentarios son del autor de esta cartilla.



DEMANDAS		Tasa de importancia (TI)	Situación actual (SA)	Competidor X	Competidor Y	Plan (PL)	Tasa de mejora (TM)	Importancia para ventas (IV)	Peso absoluto	Peso solicitado
Comodidad	Fácil de separar del rollo	4	3	3	3	3	1.00	1.2	4.80	9.25
	Fácil de abrir y colocar	3	4	2	4	4	1.00	1	3.00	5.78
	Fácil de cerrar	4	4	4	3	5	1.25	1.5	7.50	14.46
Seguridad	Que no se rompa la bolsa	5	4	5	3	5	1.25	1.5	9.38	18.07
	Cierre resistente	5	3	4	4	4	1.33	1.2	8.00	15.42
	Sellado	4	3	4	4	4	1.33	1.2	6.40	12.34
Otros	Perfumada	3	1	3	1	3	3.00	1.2	10.80	20.82
	Biodegradable	2	3	3	3	3	1.00	1	2.00	3.86
									51.88	100

Ilustración 8.

Entorno y plan de mejora

Fuente: Adaptación de <https://slideplayer.es/slide/10227236/>

En la ilustración 8 se observan los diferentes cálculos relacionados con la situación actual del producto en relación con los competidores. Con estos cálculos llenamos la segunda casilla de la matriz. La terminología utilizada es la siguiente:

- **Tasa de importancia (TI):** Ponderación de 1 a 5 a cada demanda.
- **Situación actual (SA):** Calificación entre 1 y 5 a la situación de la compañía con respecto a cada demanda.
- **Plan de la organización (PL):** Valoración de 1 a 5 la situación en que se desearía estar para cada una de las demandas.
- **Tasa de mejora (TM):** Cálculo de la división entre el plan de la organización (PL) sobre la situación actual (SA). Es decir: $TM=PL/SA$.

- **Importancia de las ventas (IV):** Asignación de un peso a cada demanda del cliente según lo importante que resulta satisfacerla para aumentar las ventas (1,5 muy importante; 1,2 relativamente importante; 1 irrelevante o casi irrelevante).
- **Peso absoluto de cada demanda:** Cálculo de la multiplicación de la tasa de importancia (TI) por la tasa de mejora (TM) y por la importancia en las ventas (IV). Es decir: $\text{Peso absoluto} = \text{TI} \times \text{TM} \times \text{IV}$.
- **Peso solicitado (peso relativo):** Conversión del peso absoluto en porcentaje. (Dividir cada peso absoluto por la suma de valores absolutos y multiplicar por 100).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

En esta parte se trata de listar las características del producto que están relacionadas con las demandas de los clientes. Deben ser características controlables y medibles. Conviene listar, como mínimo, una característica de calidad para cada demanda del cliente.

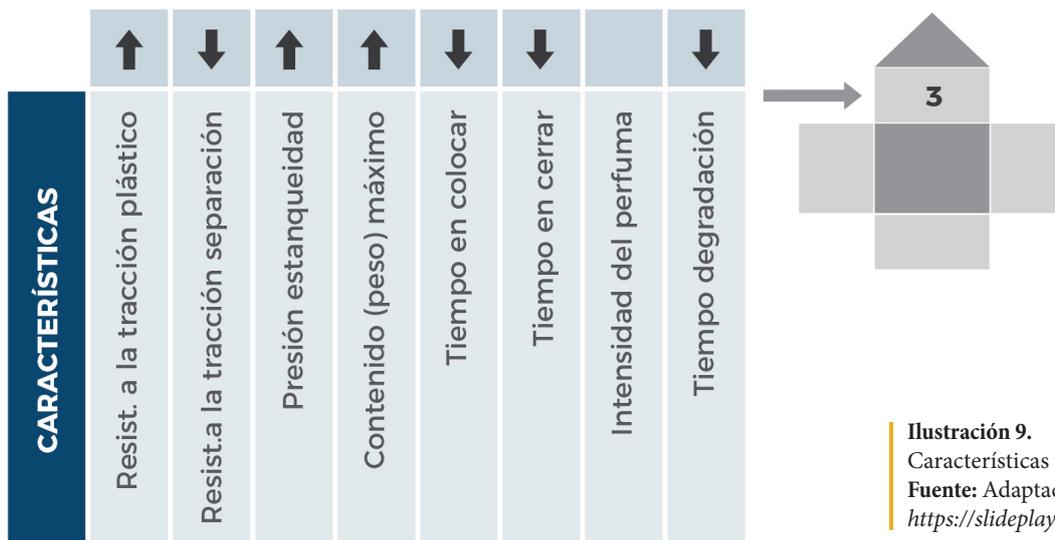


Ilustración 9.

Características técnicas.

Fuente: Adaptación de

<https://slideplayer.es/slide/10227236/>

Las características técnicas se pueden estructurar agrupándolas en grupos afines. En algunos casos, se indica con una flecha si el valor de la característica interesa que sea grande o pequeño.

INTERRELACIONES

Esta es la parte central del esquema. Se forma una matriz en la que las filas son las demandas de los clientes y las columnas las características técnicas del producto. En cada celda (intersección de fila y columna) se coloca:

(En el extremo superior izquierdo). Un valor que indica el grado de relación existente entre la característica de calidad y la demanda del cliente que se cruzan en esa celda. El criterio es: 9 cuando la correlación es alta; 3 cuando es media y 1 cuando es débil. Cuando no existe relación se deja la casilla en blanco.

(En el extremo inferior derecho). El producto del valor que se ha dado a la relación por el peso solicitado de esa demanda. Por ejemplo, entre la demanda del cliente “Que no se rompa la bolsa” y la característica técnica “Resistencia a la tracción del plástico” hay una fuerte correlación, y por tanto la cuantificamos con el valor 9. Como el peso solicitado para esta demanda es 18.07, el segundo valor es $9 \times 18.07 = 162.63$ (163). ¿Por qué 1, 3, 9? Se trata de destacar las diferencias de la importancia que se debe dar a cada una de las características.

Con esta información completamos la casilla 4 de la matriz:

DEMANDAS		CARACTERÍSTICAS								Totales	Métricas de Valoración								
		Resist. a la tracción plástico	Resist. a la tracción separación	Presión de estanqueidad	Contenido máximo (peso)	Tiempo en colocar	Tiempo de cerrar	Intensidad del perfume	Tiempo de degradación		Tasa de importancia (TI)	Situación actual (SA)	Competidor X	Competidor Y	Plan (PL)	Tasa de mejora (TM)	Importancia para ventas (IV)	Peso absoluto	Peso relativo (Z)
Comodidad	Fácil de separar del rollo	3									4	3	3	3	3	1.00	1.2	4.80	9.25
	Fácil de abrir y colocar	1				9					3	4	2	4	4	1.00	1	3.00	5.78
	Fácil de cerrar				3		9				4	4	4	3	5	1.25	1.5	7.50	14.46
Seguridad	Que no se rompa la bolsa	9		3							5	4	5	3	5	1.25	1.5	9.38	18.07
	Cierre resistente	3			9						5	3	4	4	4	1.33	1.2	8.00	15.42
	Sellado	3		9							4	3	4	4	4	1.33	1.2	6.40	12.34
Otros	Perfumada						9				3	1	3	1	3	3.00	1.2	10.80	20.82
	Biodegradable							9			2	3	3	3	3	1.00	1	2.00	3.86

Ilustración 10.
Interrelaciones
Fuente: Adaptación de <https://slideplayer.es/slide/10227236/>

CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El “tejado” triangular es la zona donde se refleja la influencia que las características técnicas pueden tener entre sí. Por ejemplo, aumentar la “resistencia a la tracción del plástico” aumenta también la “presión a la estanqueidad” y aumenta el “contenido máximo”. Como mejorar una característica implica mejorar también las otras, hemos puesto un signo + en las zonas de cruce de ambas. Sin embargo, conseguir una mayor resistencia a la tracción implica un mayor tiempo de degradación. Por tanto, en este caso mejorar una característica implica empeorar otra, por lo que ponemos un signo - en la zona de cruce.

OBJETIVOS DE DISEÑO

En primer lugar, se calcula la importancia total para cada una, cuantificada como la suma de valores asignados a cada demanda del cliente. Por ejemplo, la importancia total asignada a la característica “Resistencia a la tracción del plástico” es 163 (Que no se rompa) + 46 (Cierre resistente) + 37 (Sellado) = 246. Una vez tenemos el total para cada característica, se calcula el porcentaje de importancia que corresponde a cada una de ellas. Como el total de los valores asignados a la importancia es 1087, el porcentaje que corresponde a la resistencia a la tracción es $246 \times 100 / 1087 = 22.63$.

Valores actuales de nuestro producto (en el caso de que se trate de una mejora) y valores de la competencia para las características consideradas. Plan de acción, valores objetivo para cada característica. A la vista de la importancia de cada característica, y de los valores que corresponden a nuestro producto actual y los valores de los productos de la competencia, se deciden los valores objetivos para el nuevo diseño.

DEMANDAS		CARACTERÍSTICAS								Totales
		Resist. a la tracción plástico	Resista a la tracción separación	Presión estanqueidad	Contenido máximo (peso)	Tiempo en colocar	Tiempo de cerrar	Intensidad del perfume	Tiempo de degradación	
Comodidad	Fácil de separar del rollo	3	83							
	Fácil de abrir y colocar	1	6			9	52			
	Fácil de cerrar				3	43	9	130		
Seguridad	Que no se rompa la bolsa	9	163	3	54					
	Cierre resistente	3	46		9	139				
	Sellado	3	37	9	111					
Otros	Perfumada						9	187		
	Biodegradable								9	35
Total		246	89	165	182	52	130	187	35	1087
Porcentaje del total (%)		22.63	8.20	15.21	16.76	4.79	11.97	17.24	3.19	100
Situación de la empresa		60 kg	3 kg	3.0 bar	40 kg	3 seg	2 seg	0 X	10 años	
Situación Competidor X		65 kg	3 kg	3.5 bar	45 kg	4 seg	4 seg	3 X	10 años	
Situación Competidor Y		50 kg	3 kg	3.4 bar	48 kg	4 seg	5 seg	0 X	10 años	
Plan de diseño		75 kg	3 kg	3.5 bar	45 kg	3 seg	2 seg	3 X	10 años	

Ilustración 11.

Objetivos de diseño

Fuente: Adaptación de

<https://slideplayer.es/slide/10227236/>

Es necesario recordar que antes de dar por concluida la matriz, hace falta analizar si las especificaciones encontradas realmente son diferentes entre ellas, esto es; que una especificación no signifique lo mismo que otra. Ya tenemos las características técnicas, ahora con base en ellas definimos los insumos (o las partes) necesarios. Esta sería la matriz de insumos requeridos. Su desarrollo es muy similar, solo que el énfasis está en los componentes. Cuando hayamos encontrado los insumos necesarios pasamos a definir los procesos requeridos, o sea, la matriz de procesos. Aquí el enfoque está en cómo se van a obtener los requisitos o especificaciones hallados. Con base en los procesos requeridos pasamos a determinar las especificaciones definitivas para elaborar las bolsas de basura. Esta sería la matriz definitiva, en la que se describen las especificaciones del producto de forma tal que pueda cumplirse por parte de la empresa, pero que al tiempo satisfaga las necesidades de los clientes.

La matriz resultante definitiva (necesidades y características) se muestra en la página siguiente. Aunque la presentamos y explicamos por partes, la construcción de la misma se hace considerando el conjunto, con la finalidad de tener un panorama completo de todo el diseño del producto servicio.

DEMANDAS		CARACTERÍSTICAS								Totales	Tasa de importancia (TI)	Situación actual (SA)	Competidor X	Competidor Y	Plan (PL)	Tasa de mejora (TM)	Importancia para ventas (IV)	Peso absoluto	Peso relativo (Z)
		↑ Resist. a la tracción plástico	↓ Resist.a la tracción separación	↑ Presión de estanqueidad	↑ Contenido máximo (peso)	↓ Tiempo en colocar	↓ Tiempo de cerrar	Intensidad del perfume	↓ Tiempo de degradación										
Comodidad	Fácil de separar del rollo	3/83									4	3	3	3	3	1.00	1.2	4.80	9.25
	Fácil de abrir y colocar	1/6				9/52					3	4	2	4	4	1.00	1	3.00	5.78
	Fácil de cerrar				3/43		9/130				4	4	4	3	5	1.25	1.5	7.50	14.46
Seguridad	Que no se rompa la bolsa	9/163		3/54							5	4	5	3	5	1.25	1.5	9.38	18.07
	Cierre resistente	3/46			9/139						5	3	4	4	4	1.33	1.2	8.00	15.42
	Sellado	3/37		9/111							4	3	4	4	4	1.33	1.2	6.40	12.34
Otros	Perfumada						9/187				3	1	3	1	3	3.00	1.2	10.80	20.82
	Biodegradable							9/35			2	3	3	3	3	1.00	1	2.00	3.86
Total		246	89	165	182	52	130	187	35	1087								51.88	100.0
Porcentaje del total (%)		22.63	8.20	15.21	16.76	4.79	11.97	17.24	3.19	100									
Situación de la empresa		60 kg	3 kg	3.0 bar	40 kg	3 seg	2 seg	0 X	10 años										
Situación Competidor X		65 kg	3 kg	3.5 bar	45 kg	4 seg	4 seg	3 X	10 años										
Situación Competidor Y		50 kg	3 kg	3.4 bar	48 kg	4 seg	5 seg	0 X	10 años										
Plan de diseño		75 kg	3 kg	3.5 bar	45 kg	3 seg	2 seg	3 X	10 años										

Ilustración 12.
Matriz QFD de una bolsa de basura
Fuente: Adaptación de
<https://slideplayer.es/slide/10227236/>

4.2. Design Thinking

Una metodología para diseñar productos -que ha estado tomando fuerza en los últimos- años, es el Design Thinking. Todo surge por varias razones: La necesidad no solo de escuchar al cliente, sino que éste intervenga activamente en el diseño, por un lado, pero también porque se espera llegar a modelos y prototipos más prácticos obtenidos de forma más oportuna, apoyados en la creatividad y la innovación.

Se puede pensar en el concepto como “la forma en la que los diseñadores piensan”. Desde otra perspectiva, lo que se busca es hacer coincidir lo que es factible hacerse en una planta, con lo que los clientes quieren, con lo que se garantiza en cierta medida la generación de valor.

Es necesario enfatizar, que la metodología, que a veces incluso se le denomina también disciplina, no solo se utiliza para diseñar productos tangibles, sino para encontrar soluciones, de una forma práctica, a algún problema. Su aplicación puede lograrse para desarrollo de productos o servicios, pero también es aplicable para el mejoramiento de un proceso, para modelar un negocio, para enfrentar una oportunidad o darle solución a un problema (LN Creativida y Tecnología, 2018).

El proceso Design Thinking no es lineal, ya que puede avanzar o retroceder según la situación entre cualquiera de sus partes. Se compone de cinco fases o etapas, iniciándose con la recolección de mucha información para generar suficiente contenido y con ello lograr contexto para la situación que se estudia (Design Thinking en Español, 2018):

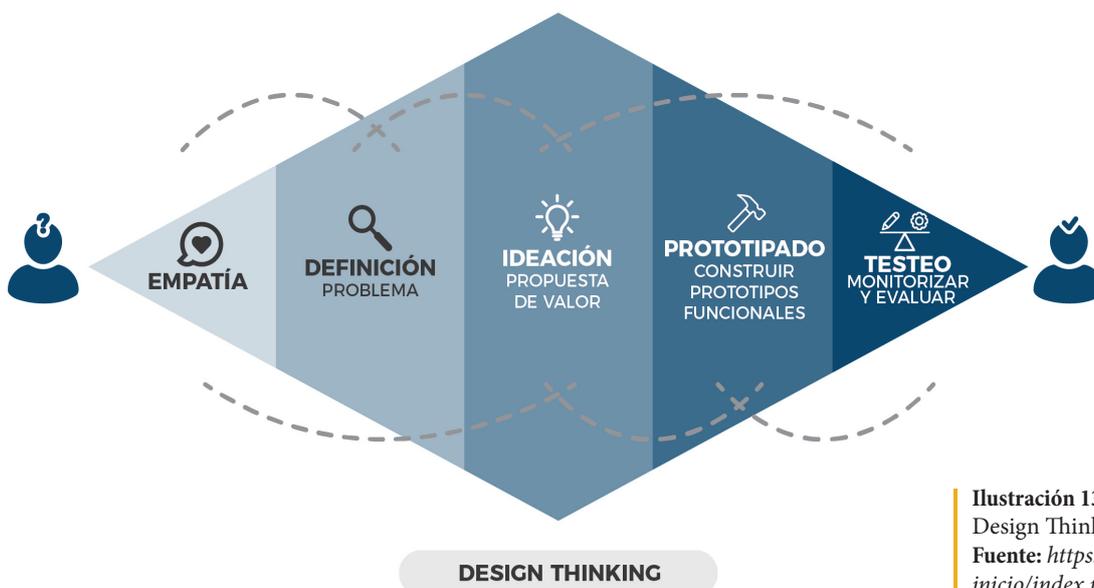


Ilustración 13.
Design Thinking
Fuente: <https://designthinking.es/inicio/index.php>

- **Empatizar:** Se busca comprender a profundidad las necesidades de los clientes o usuarios involucrados e implicados en la situación y de su mismo entorno. Se denomina empatía, en esta etapa se busca ponernos en el sitio del cliente. La herramienta que comúnmente se emplea en esta fase, entre las muchas existentes, es el “Mapa de Empatía”, el que se tratará más adelante.
- **Definir:** En este punto es necesario depurar la información que obtuvimos en la fase anterior, para llegar a aquella información que realmente aporte valor, que sea relevante y que impulse nuevas perspectivas. Lo que se busca es comprender el problema o la situación, las áreas de oportunidad o los desafíos que debemos abordar. Una de las tantas herramientas a usar acá se denomina “Mapa Mental”.
- **Idear:** Se quiere generar varias opciones o alternativas que solucionen el problema o que sirvan para aprovechar la oportunidad. Es necesario aplicar las formas de pensamiento expansivo y divergente. El trabajo en equipo interdisciplinar es esencial en esta fase. La técnica más usada se denomina “SCAMPER”.
- **Prototipar:** Los modelos vuelven las ideas realidad. En esta fase o etapa lo que se busca es concretar, volver tangibles las ideas descubiertas en la fase anterior, de forma tal que podamos pensar en refinamientos, ajustes y mejoramientos inmediatos. Se usan con frecuencia maquetas, dibujos, software o cualquier elemento que permita “apreciar” o “percibir” la idea de forma práctica.
- **Testear:** Es necesario probar nuestro modelo con los usuarios. Esta fase tiene como principal finalidad encontrar mejoras significativas, fallas no detectadas, dificultades no previstas. Este es el momento en el cual se lleva la idea a un hecho concreto que vamos a desarrollar para dar solución a la situación o aprovechamiento de la oportunidad. Es posible que en esta etapa debamos retornar a alguno de las fases anteriores. Una posible herramienta sería la “Matriz de Feedback”.

5. Diseño del proceso, tipos de procesos y disposición interna²

Para que una empresa funcione adecuadamente, sea de servicios o productiva, debe tener claridad sobre tres aspectos esenciales: la cadena de valor para atender las necesidades del cliente, el proceso para obtener el bien o servicio y la selección de la tecnología correcta, en una disposición física que permita utilizar sus recursos inteligentemente. En este sentido, para entender el concepto de distribución interna o Layout, es necesario partir del conocimiento del tipo de sistema productivo que realiza dicha empresa.

² Este epígrafe se construyó con base en el conocimiento del autor, apoyado en: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño. Thomson Learning.

El gerente de operaciones debe primero establecer, según la estrategia corporativa y de negocio, qué producto-servicio debe elaborar: Esta es su primera decisión clave. Pero una vez esté claro este aspecto, lo siguiente es determinar cuál será el proceso más apropiado para fabricarlo, según el grado de especialización, repetición, variedad y volumen de los productos y servicios que debe obtener, a lo que se le conoce como decisión del sistema de producción.

5.1. Sistemas de producción: Selección del proceso

El sistema de producción, esto es, la forma general como están distribuidas las máquinas y las áreas, obedece a los procesos necesarios que deben llevarse a cabo para obtener los productos y servicios que se ofrecen en la empresa.

Tiene los siguientes tipos básicos: Intermitente (o Producción de Taller), Intermitente (o Producción por lotes) y Continua (o Masiva). La producción por células es una forma particular de hacer que la producción por lotes obtenga muchos beneficios de la producción masiva, por lo que algunos autores la consideran como un cuarto sistema de producción con el nombre de Producción Celular (o Modular, o Híbrida, o Flexible).

PRODUCCIÓN DE TALLER (INTERMITENTE)

Se estima que más del 50% de las plantas utilizan este tipo de sistema productivo. Un taller es un modo conveniente para una empresa que elabora muchos productos diferentes con un volumen relativamente bajo de demanda de cada uno. Son usuales los artículos hechos con especificaciones del cliente, para los cuales se requiere máquina y herramientas de propósito general, personal altamente capacitado y mediano volumen de inventario de materia prima de tipo general. Se da la característica de bajo volumen de producción y alta variedad de productos. Se dice que las instalaciones de este sistema productivo están enfocadas al proceso. Una de las características es que se agrupan máquinas similares y con ellas se conforma los departamentos. Los productos pasan de un departamento a otro según una secuencia de operaciones dada en la Hoja de Ruta.

Hay grandes dificultades en este sistema, como los altos gastos asociados a la diversidad de máquinas y equipos, la sub-utilización de máquinas y equipos, excesivo manejo de materiales e inventario en proceso, debido al desbalance entre las cargas y las capacidades de las máquinas, a veces algunos productos deben devolverse a un departamento para terminar algún proceso, se requiere de mucha área física para almacenamientos temporales, cada lote de artículo requiere de su propia orden de taller.

La productividad tiende a ser baja debido al número de montajes, las plantas son escasamente automatizadas, pero son bastante flexibles para producir diversos artículos diferentes. La programación de este tipo de sistema es muy compleja y se emplea especialmente los sistemas MRP de los que hablaremos luego. Es muy frecuente que trabajen bajo pedido y raras veces bajo pronóstico. Se dan dos clases: los de fabricación, por ejemplo, restaurante, hospital, oficinas de atención al cliente; los de proyecto, que se hacen una sola vez, como ejemplo la construcción de un edificio, la elaboración de un software.

PRODUCCIÓN POR LOTES (INTERMITENTE)

Este sistema se sitúa entre la Producción de Taller y la Producción Masiva. Es un sistema muy conveniente para las empresas que deben producir volúmenes intermedios de artículos, pero cuya variedad no es tanta como la de un taller de fabricación. A diferencia del sistema de Taller, en este sistema se conocen los productos que se van a hacer a lo largo del año, cada uno con una demanda relativamente estable y continua.

Generalmente la capacidad de la planta es mayor que la demanda y por ello se debe producir por lotes (o tandas de producción). Los artículos se producen y almacenan a un nivel predefinido para cumplir con la demanda presente y futura, luego la empresa se transforma para obtener el siguiente artículo en la secuencia de producción (programa de producción). Si un artículo ha descendido del nivel preestablecido, se reprograma su elaboración (un nuevo lote).

Las máquinas y equipos son algo especializados y de alta velocidad, pero su personal operativo no es tan especializado como en el caso del Taller. Hay alguna automatización y algunas máquinas y equipos se agrupan para ciertas tareas, lo que significa colocar juntas diferentes tipos de máquinas. La productividad es mayor que en el sistema de Taller. La producción se programa bajo la metodología TOC de la cual hablaremos luego. No es usual que estén departamentalizadas, sino más bien distribuidas en grupos de máquinas diferentes, por lo que se dice que este sistema tiene un enfoque al producto. Ejemplos de este sistema: muebles, electrodomésticos.

PRODUCCIÓN MASIVA (CONTINUA)

Se utiliza para la producción de grandes volúmenes de pocos artículos (altos volúmenes, poca variedad). A veces la planta entera se dedica a un solo producto o línea de productos similares. El equipo es muy especializado y rápido, hay una gran inversión en herramientas, plantillas y accesorios. El trabajo se divide en grupos pequeños y se busca en especial que haya eficiencia a través de un herramental y un método muy claramente definidos. Se requiere personal con capacidades mínimas ya que su trabajo es casi rutinario (son especialistas, pero de una pequeña serie de actividades y no de la elaboración de todo un producto). La productividad es alta, especialmente debido a la automatización. Este sistema está enfocado al producto.

El ritmo de la cantidad de productos fabricados (salida) se controla fácilmente, por lo que puede ajustarse el nivel de fabricación a los cambios de la demanda, según las variaciones del inventario. Esto quiere decir que la velocidad de salida puede hacerse coincidir fácilmente con las necesidades de demanda.

La distribución típica de las máquinas y equipos se da a través de estaciones de trabajo. Una estación de trabajo es una agrupación específica de máquinas, equipos y personas. Se reconocen dos tipos de sistema de producción continuo, la línea de ensamble (montaje) y la línea de flujo de producción. La línea de ensamble, que detallaremos más adelante, se aplica en una planta o parte de ella en la cual no se transforman los elementos, sino que se fusionan hasta obtener el producto final (montaje de un computador, por ejemplo). La línea de flujo de producción se utiliza en los procesos de producción continuos donde hay transformaciones físicas de los elementos hasta obtener un producto (petróleo, por ejemplo).

La programación usual de este sistema es a través del MRP o incluso el JAT. Son muy usuales los inventarios y aunque se pueden elaborar pedidos específicos, lo usual es que la base de la programación de la producción sea el pronóstico de la demanda en combinación con los pedidos en firme.

PRODUCCIÓN CELULAR (FLEXIBLE)

Se aplica en un proceso productivo que está en el intermedio entre la producción de taller y la producción masiva, pero que busca obtener las ventajas de los dos sistemas. En este sistema se agrupa un gran número de piezas comunes y se producen en una célula compuesta de todas las máquinas que se necesitan para elaborar las piezas del grupo. Cuando se requieren grandes cantidades de cada pieza, las células pueden automatizarse casi por completo (de allí el nombre de manufactura flexible).

La ventaja fundamental del sistema está en que reduce el costo unitario de producción al aumentar el volumen de fabricación o ensamble con el mismo montaje (disposición de máquinas y equipos). Reuniendo y procesando piezas similares que se juntan en una célula, los tiempos de montaje de máquina se reducen y se incrementan los ritmos de fabricación, eliminando herramientas duplicadas.

El personal operativo, obtiene mayor productividad y calidad debido a que son especialistas de un número determinado de piezas a producir. Se dice que este sistema está enfocado a la célula. Se programa la producción con base en bajos niveles de inventario y pronósticos muy refinados de la demanda o pedidos en firme, utilizando la metodología JAT. Hablaremos de esto más adelante.

PROCESOS DE SERVICIOS

Las características de los servicios son muy diferentes a las de los productos tangibles: Un servicio no es almacenable y por tanto se entrega en el mismo momento que se obtiene; la calidad depende de la habilidad de quien presta el servicio, no puede reprocesarse; por lo general, todo servicio es personalizado. Seleccionar el proceso de servicios implica determinar qué tanta tecnología habrá en comparación con la actividad humana.

Para responder a esta pregunta, es necesario determinar qué tan personalizado es el servicio frente al grado de repetibilidad, considerando la sensibilidad del cliente a la calidad del servicio. En este sentido, los procesos muy propensos a ser repetibles y con bajo grado de personalización, se convierten en procesos masivos que pueden automatizarse, en tanto que en el otro extremo están los procesos muy personalizados y poco repetibles que implicarán actividades de mucha interacción personal y por lo tanto la tecnología no sustituye a la intervención de la persona.

5.2. Selección de la tecnología

Trátase de la elaboración de bienes tangible (productos) o bienes intangibles (servicios), y ya teniendo definido el tipo de sistema de operación a utilizar, o sea, cuando ya se tiene claro cuál debe ser el tipo de proceso a emplear, el paso siguiente es determinar cuál ha de ser la tecnología que debe emplearse.

En el caso de productos, el tipo de tecnología a emplearse estará en relación directa tanto con el proceso seleccionado como con las características propias de los productos a elaborar, y la complejidad de esta decisión caerá generalmente en manos de los ingenieros que conocen los impactos de cada tecnología particular.

Los aspectos centrales a tenerse en cuenta son la capacidad, la flexibilidad, la calidad y el costo, pues cada uno de ellos tiene implicaciones diferentes en la decisión que se tome. Podemos, como regla general, decir que la tecnología dependerá de la relación que hay entre la variedad de productos y el volumen de producción deseado, pues, como ejemplo, una tecnología especializada muy costosa, no tendría sentido utilizarse en procesos de taller, o una tecnología para todo propósito no tendría razón de existir en procesos masivos. En los dos ejemplos citados, los costos se dispararían y harían que la ineficiencia no permitiera utilizar la tecnología de forma adecuada.

5.3. Layout o disposición interna

Esquemáticamente, podemos visualizar los cuatro tipos de sistemas productivos en el gráfico siguiente, desde el sistema de Taller hasta el sistema masivo:

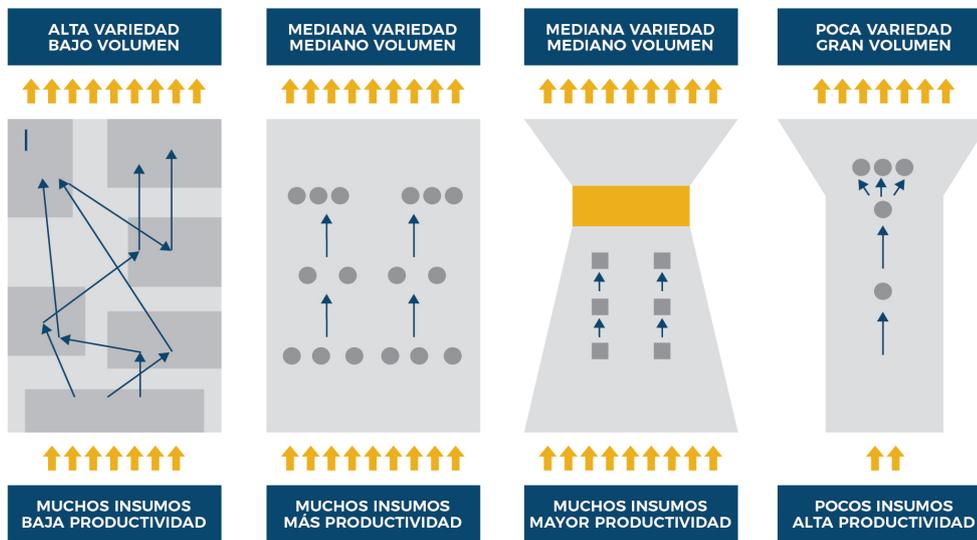


Ilustración 14.
Esquema de los sistemas productivos
Fuente: Elaboración propia

La forma como se distribuyen las diferentes secciones o departamentos de un área de producción, o de servicios, y en general de cualquier instalación física, se convierte en un factor clave para la productividad y respuesta efectiva de una organización hacia sus clientes.

Somos conscientes de la distribución física en un almacén por departamentos, donde vemos al hacer nuestras compras, una serie de pasillos, estanterías, mercancía, etc. Vemos en una oficina bancaria cómo se disponen las oficinas, las taquillas, los computadores, etc. El concepto de distribución de las instalaciones o "layout" lo entenderemos como la disposición que se le da a los recursos físicos de una empresa de forma tal que permitan ejecutar sus procesos productivamente.

Aquí, se incluyen, no sólo la disposición de las máquinas y las bodegas. También tenemos en consideración las oficinas, las instalaciones de servicios para los empleados, los accesos, la seguridad, la red de sistemas y todo lo que deba organizarse en la empresa. De la definición que adoptamos, pueden sustraerse los siguientes objetivos (Muther, 1981):

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad
- Elevación de la moral y la satisfacción del recurso humano
- Incremento de la producción
- Disminución de retrasos de la producción
- Ahorro de área ocupada
- Reducción del manejo de materiales
- Mayor utilización de la maquinaria
- Reducción del material en proceso
- Reducción del tiempo de fabricación
- Reducción del trabajo indirecto
- Mejorar la supervisión
- Disminución de la congestión
- Disminución de daños
- Mejorar la adaptación a los cambios
- Contribuir a la mejoría de la calidad

Esta labor es todo un desafío, si se tiene en cuenta que el diseño debe considerar aspectos técnicos relacionados con la arquitectura, así como la ubicación de los recursos productivos y las instalaciones de servicios. En nuestro caso, sin pretender abarcar en esta sección todo el contenido, vamos a describir algunos elementos que deben considerarse en una instalación productiva (Muther, 1981):

- Recibo de mercancía
- Zona de revisión
- Almacén de suministros
- Planta de Producción
- Almacén de Producto Terminado
- Zona de despacho y destelle
- Zona de Cargue
- Vehículos repartidores
- Vehículos de ingreso de mercancía
- Servicios a los empleados (vestier, comedor, baños)
- Almacén de ventas
- Oficinas de empleados

Si bien la distribución física tiene algo de arte y mucho de técnica, hay algunos principios que deben cumplirse. Entre los más destacados tenemos (Muther, 1981):

- Integración del conjunto para facilitar el flujo
- Mínima distancia recorrida para los productos, los materiales y los operarios
- Circulación, valiéndose de pasillos, permitiendo acceso a las máquinas y oficinas
- Aprovechamiento del espacio cúbico
- Satisfacción y seguridad para los empleados
- Flexibilidad para permitir reacomodaciones en caso de ser necesario

¿Para qué se emplea la Distribución en Planta? Esta pregunta, que tiene unas implicaciones especiales, se presenta especialmente cuando se da una de las siguientes circunstancias: Diseño de una planta nueva, expansión o traslado, reordenación, ajustes menores.

5.4. ¿Qué tipo de flujo de producción tenemos?

Según el tipo de producción que se determine para los procesos, tendremos una de las siguientes distribuciones: En cadena, en células, por proceso, por posición fija. La decisión del tipo de flujo dependerá del tipo de producto, del tipo de materiales, del tipo de maquinaria y de la interrelación entre operarios y equipos.

- **En cadena (en línea o por producto):** Un producto o parte de éste se realiza en un área y el material, que siempre está en movimiento como lo está el producto, pasan a otra área, las que están ordenadas por secuencia de uso. Ejemplos: ensamblaje de un automóvil, fábricas de fundición, confecciones, embotellado.
- **En células:** Esta es una sofisticación de los sistemas productivos repetitivos (por lotes o intermitentes), propia de la filosofía justo a tiempo, la cual será analizada en detalle más adelante.
- **Por proceso (o función):** Todas las operaciones del mismo proceso están agrupadas por sus características similares. Ejemplos: área de soldadura, departamento de mantenimiento, sección de tratamiento térmico.
- **Por posición fija:** Permanece el material o el componente en un lugar fijo, invariable, sin movimiento; todas las herramientas, las maquinarias, los operarios y otras piezas de material concurren a ella. Ejemplos: la elaboración de un barco en un astillero, la construcción de un edificio, la fabricación de un avión comercial.

Los factores críticos que intervienen en nuestros procesos, tendrán mayor o menor influencia en nuestras actividades. Al determinar dicha influencia, podemos tener una idea de la forma como debemos disponer internamente nuestros recursos. Ellos son: Materia, espera, maquinaria, servicio, hombre, edificio, movimiento y cambio.

Los tipos de movimientos en la planta nos indican cómo van a interactuar entre sí los diferentes recursos, lo que conoceremos a través del tipo de movimientos que vamos a tener, veamos algunos ejemplos:

TIPO DE MOVIMIENTOS	EJEMPLO
Movimiento del material	Embotellado
Movimiento del hombre	Estibado en almacén
Movimiento de maquinaria	Soldador portátil
Material y hombre	Línea de ensamble
Material y maquinaria	Máquinas de Control Numérico
Hombre y maquinaria	Pavimentación
Hombre, materiales y maquinaria	Fabricación naval

5.5. Método para la distribución física por procesos³

El método que nos servirá para aproximarnos a una distribución (sea de una planta o de una oficina), para sistemas de taller o sistemas intermitente, consta de varios pasos. Si bien existen modelos heurísticos que permiten aproximaciones a distribuciones dadas unas restricciones, el método que se presenta tiene un sustento matemático que le hace más preciso, el cual permite su aplicación a diferentes contextos y diferentes tipos de necesidades.⁴

- **Primer paso:** Obtener la lista con los requerimientos físicos (cantidad de máquinas necesarias, dimensiones en piso de cada una, requerimientos de espacio para cada máquina, espacio para almacenamiento, espacio para servicios generales como vestidores y baños, oficinas. Cada ítem incluye sus requerimientos propios y adicionales de holguras como pasillos, inventarios en proceso, herramientas, etc.). Se hacen las agrupaciones convenientes para obtener las zonas a localizar (por ejemplo, oficinas, bodega, etc.). En la parte de oficinas, es conveniente disponer de un listado de las personas que requieren espacio y cuánto requiere cada uno.
- **Segundo paso:** Se elabora el cuadro de prioridades, teniendo en cuenta la opinión del personal y los administradores, obteniendo un cuadro como el siguiente:

Prioridad	Valor
Absolutamente necesario	4
Especialmente importante	3
Importante	2
Ordinario	1
No importante	0
Indeseable	-1

Tabla 2.
Prioridades
Fuente: Basado en
Sule, Dileep R.

³ El método que se presenta fue tomado de: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño. Thomson Learning.

⁴ Por ejemplo, el modelo FLAP: <http://riot.ieor.berkeley.edu/Applications/flap/index.html>

- **Tercer paso:** Con base en el cuadro de prioridades y la agrupación hecha, se procede a establecer el tipo de relación que existirá entre cada ítem a localizar. Se debe estimar el flujo de material (o el de viajes si el anterior no es posible) entre cada uno de los grupos, considerando que es la suma de dos vías, de A a B y de B a A. Esto sirve para establecer la prioridad que existe entre dos grupos, como se aprecia en la tabla 3.27 (El total, es la suma horizontal y vertical).

Grupos	PR	BO	OF	CH	CO	MA	CL	ER	TOT
PR Producción	—	4	3	4	3	4	3	3	24
BO Bodega	—	—	1	1	0	1	0	4	11
OF Oficina	—	—	—	0	1	1	0	1	7
CH Cuarto de herramientas	—	—	—	—	1	4	0	0	10
CO Comedor	—	—	—	—	—	0	0	0	5
MA Mantenimiento	—	—	—	—	—	—	0	1	11
CL Cuarto de vestidores	—	—	—	—	—	—	—	0	3
ER Embarque y recepción	—	—	—	—	—	—	—	—	9

Tabla 3.

Flujo de materiales

Fuente: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño

- **Cuarto Paso:** Para cada grupo (o departamento) se estima la necesidad total de espacio (área requerida) según las condiciones especificadas en el estudio de capacidad que se desea tener (en pies cuadrados).

PR Producción	4800
BO Bodega	3050
OF Oficina	2400
CH Cuarto de Herramientas	1150
CO Comedor	750
MA Mantenimiento	1000
CL Cuarto de Vestidores	600
ER Embarque y recepción	1900

- **Quinto paso:** Hacemos una división hipotética de bloques necesarios para una representación física:

Grupo Bloques	Área	Bloques	Grupo	Área	
1 PR	4800	12	5 CO	750	2
2 BO	3050	8	6 MA	1000	2
3 OF	2400	6	7 CL	600	2
4 CH	1150	3	8 ER	1900	5
			Total		40

Tabla 4.

División inicial ficticia

Fuente: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño

- Sexto paso:** Tomamos el departamento o grupo que tenga el mayor número en la tabla del paso tres. Alrededor de éste vamos colocando los departamentos que tengan relación de cuatro; luego tomamos el departamento que siga en puntaje y hacemos lo mismo, hasta hacer una distribución gráfica de todos los departamentos, relacionados con flechas.

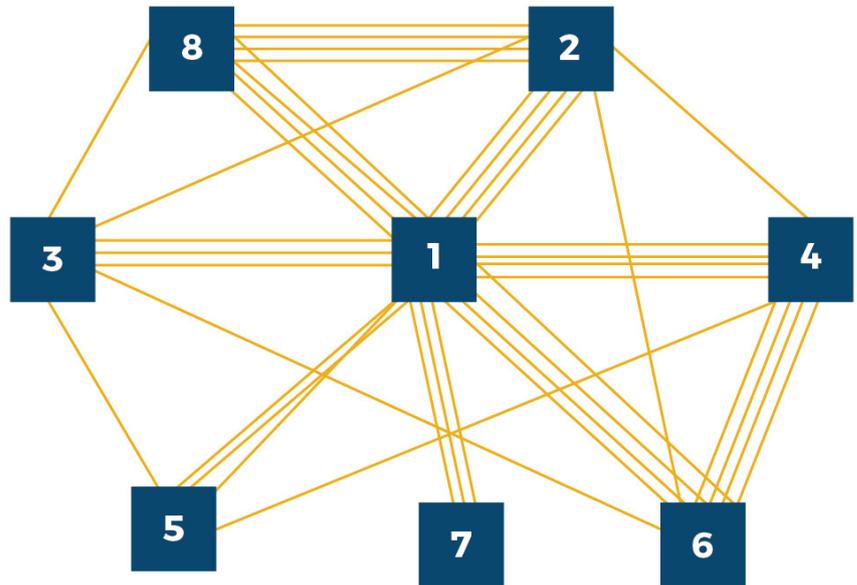


Ilustración 15.
 Graficación por departamentos
Fuente: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño

- Séptimo paso:** Como tenemos cuarenta bloques, vamos a hacer una distribución cuadrículada de 5 X 8, con base en esta distribución gráfica:

8	8	2	2	2
8	8	2	2	2
3	8	2	2	4
3	1	1	1	4
3	1	1	1	4
3	1	1	1	6
3	1	1	1	6
3	5	5	7	7

Tabla 5.
 Representación de la distribución en cuadrícula
Fuente: Sule, Dileep R. Instalaciones de Manufactura: ubicación, planeación y diseño

- **Octavo paso:** Ahora reemplazamos la cuadrícula por la distribución física, según el tamaño de cada bloque para cada grupo o departamento.

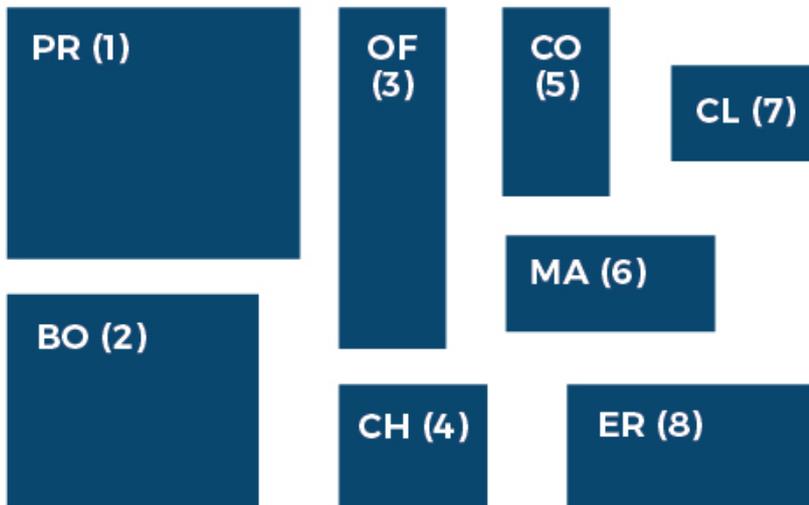


Ilustración 16.
Distribución en bloques
Fuente: Sule, Dileep R.

Con los ajustes adecuados en las áreas de cada grupo o departamento, tenemos una distribución adecuada para nuestras necesidades. Si elaboramos una matriz para relacionar los departamentos, lo que hacemos es contar cuantos departamentos hay entre par (distancia rectilínea), y dicho valor lo multiplicamos por la relación determinada en el paso tres, se suma cada renglón y luego el total de los renglones y hallamos así la eficiencia de la distribución. Si hacemos modificaciones, podemos evaluar la nueva eficiencia y así encontrar la mejor distribución. Otra forma de empírica de evaluar la eficacia de la distribución, es obtener el área A de cada departamento y su perímetro P . Se obtiene para cada uno de los departamentos. Si $1 \leq F \leq 1.4$, la distribución es aceptable.

$$F = \frac{P}{4\sqrt{A}}$$

5.6. Distribución de planta para procesos continuos (metodología justo a tiempo)

Para determinar la mejor distribución posible, existen muchas metodologías, entre ellas están la programación lineal, el análisis de grafo, el centro de gravedad, el método de tanteo. La aplicación de estas técnicas se escapa del alcance del presente documento, pero vamos a mostrar un ejemplo ilustrativo aplicando la metodología JAT.

Según los conceptos del JAT, todo trabajo es un proceso, y uno de los principios fundamentales de esta filosofía es el flujo. Esto nos indica que la distribución de las máquinas debe obedecer al sentido en que circula la producción, estableciendo líneas productivas y células de trabajo, buscando que la carga siempre quede balanceada. Veamos esto gráficamente: Si tomamos los procesos de una lavandería, teniendo en cuenta la cantidad de producción de cada proceso (capacidad):

Ilustración 17.
Procesos en una lavandería
Fuente: Elaboración propia



Claramente observamos una línea de producción. Para que esté debidamente balanceado, esto es, que cada subproceso consuma tiempos similares, requerimos una cantidad de máquinas diferente:

Ilustración 18.
Proceso balanceado
Fuente: Elaboración propia



Quedamos con una capacidad por hora de 100 libras y con una holgura de 20 libras en lavado y 20 libras en secado. Ahora que tenemos una mejor utilización de los recursos, es obvio que debe ubicarse cada máquina conservando este flujo, lo que significa que la distribución será en una línea recta o en forma de herradura si no puede conservarse la línea recta.

Otro ejemplo de distribución que nos muestran Chase, Aquilano & Jacobs: Vemos una distribución por funciones, donde el material y el producto deben recorrer cada departamento, en esta secuencia: sierra, torno, esmeril, tratamiento térmico, torno, prensa, sale de producción. El recorrido es bastante grande e interfiere con otros productos como se muestra en el gráfico siguiente (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).



Ilustración 19.
Distribución típica de una planta productiva
Fuente: Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009

Esta misma distribución hecha por la tecnología de grupos (JAT), esto es, agrupando máquinas que conforman células, como se observa en la ilustración 18, en el caso del torno y el esmeril. Las máquinas están dispuestas en forma secuencial de forma tal que los productos “fluyan” por la planta y no pasen caóticamente de un sitio a otro.



Ilustración 20.
Distribución utilizando la metodología JAT
Fuente: Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009

Podemos definir una célula como un conjunto de máquinas de diferentes funciones que se agrupan para conformar un conjunto que sirve a un propósito común de producción. Existe la metodología para formar las células, la cual puede ser consultada en textos especializados.

No se hace referencia a la distribución de las instalaciones para una empresa de servicios, pues ella dependerá directamente del tamaño del negocio, del tipo de servicio y la ubicación física de las instalaciones. Aun así, veamos algunos aspectos por considerar en dichas organizaciones:

- Recepción
- Ubicación y distribución de las oficinas
- Iluminación - ventilación
- Acceso – parqueadero
- Circulación de los clientes
- Circulación de los empleados
- Seguridad
- Servicios a los empleados
- Servicios al público
- Instalaciones para computadores y telecomunicaciones

Deberíamos también preguntarnos hasta qué punto las oficinas deben estar cerradas, especialmente las de tipo directivo, considerando que la administración actual nos sugiere la dirección de puertas abiertas.

5.7. Distribución física de la oficina

Los criterios, en general, para una distribución de la oficina son similares a los de la manufactura tangible: Se pueden organizar por producto o por proceso. En la práctica, lo más usual es que haya un arreglo alrededor de células, con suma flexibilidad de ser necesario. Una forma de plantear la distribución es a través de una matriz de relaciones como el que se muestra a continuación, tomando como ejemplo una oficina con nueve puestos de trabajo:

Valor	Cercanía
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Cercanía ordinaria
U	Superficial
X	No deseable

Tabla 6.
Relaciones

La distribución de la oficina se puede lograr con la siguiente matriz, donde se observa la ubicación de cada uno de los departamentos:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		O	U	A	I	I	U	O	O
2			A	I	I	I	O	U	U
3				O	I	I	E	E	O
4					A	A	E	A	I
5						X	U	U	X
6							O	O	A
7								U	R
8									E
9									

Tabla 7.
Matriz de distribución

5.8. Distribución física de un punto de venta

Una hipótesis ampliamente aceptada en el caso del detallista es que las ventas varían directamente con la exposición del cliente a los productos. Consecuentemente un requisito para la buena utilidad es la exposición de los clientes a tantos productos como sea posible. Los estudios demuestran que mientras más alta sea la tasa de exposición, mayores serán las ventas; en consecuencia, un mayor retorno sobre la inversión. El administrador de operaciones tiene que manipular dos diferentes variables:

- El patrón de flujo para la tienda (arreglo total). Son útiles para ello cinco ideas:

- Localizar los productos que generan altas ventas alrededor de la periferia de la tienda (por ejemplo, artículos de uso diario).
- Utilizar localizaciones prominentes para productos de lato impulso y de gran margen (por ejemplo, electrodomésticos).
- Distribuir los artículos “poderosos” (los que dominan una compra) a ambos lados del pasillo y dispersarlos para incrementar la visita de otros artículos.
- Utilizar las localizaciones al final de los pasillos porque tienen un alto grado de exposición.
- Transmitir la imagen de la tienda ubicando cuidadosamente el departamento líder para atraer otros productos o mostrar comodidad.

- Asignación del espacio de ese arreglo para varios productos: El objetivo de toda distribución física detallista es incrementar la utilidad por metro cuadrado en el estante. Por ejemplo, un artículo costoso puede generar mayor venta en pesos, pero menor utilidad por m² debido al espacio que ocupa su exhibición en el estante. Otro aspecto a considerar es reducir el inventario exhibido con base en los tiempos de surtido.

5.9. Distribución física del almacén

El objetivo de la distribución física del almacén es encontrar el intercambio óptimo entre los costos de manejo y el espacio en almacén. Consecuentemente, la administración debe optimizar la utilización del espacio cúbico total del almacén

Una de las principales características que debe considerarse en una bodega es el manejo del espacio físico, entre otras muchas razones porque es uno de los recursos más valiosos y escasos. Vamos a entender este concepto con un ejemplo:

Un almacén requiere para su funcionamiento de 1000 m² de área o piso. De ellos se separan 300 m² para pasillos, 40 m² para estibas vacías y 10 m² para servicios. El Factor de Aprovechamiento (FA) puede calcularse así:

$$FA = 1000/650 = 1.54$$

Este factor nos indica que por cada metro cuadrado de almacenamiento se requieren 1.54 m² de almacén. Pero no basta con una planeación cuidadosa. Es necesario un seguimiento detallado de los resultados, a través de indicadores adecuados. Dos de ellos se describen enseguida:

- Utilización del área:

$$UA = \frac{a.b}{A.B} * 100$$

Este indicador mide la utilización de cada metro cuadrado de bodega. “a.b” mide la utilización real, ancho por largo. “A.B” mide el área disponible. Estamos respondiendo a la pregunta ¿qué tanto estamos aprovechando el área de la bodega?

- Utilización del espacio:

$$UE = \frac{a.b.h}{A.B.H} * 100$$

Con este indicador queremos medir la utilización de cada metro cúbico (espacio) de bodega. “a.b.h” mide la utilización real del espacio, considerando ancho por largo por alto. “A.B.H” mide el espacio disponible. Aquí estamos respondiendo la pregunta ¿qué tanto estamos aprovechando el espacio de la bodega?

Como recomendación general para la distribución física de un almacén, se debe considerar inicialmente las áreas requeridas (ancho de pasillos para monta-carga, ancho de la estantería, etc.).

El espacio neto de almacenamiento debe tener en cuenta que el flujo de material debe ser paralelo a las zonas de despacho, para facilitar los recorridos, las estanterías deben aprovechar los muros y el alto máximo posible y en el centro las estanterías deberían ser dobles. Un ejemplo lo ilustra mejor:

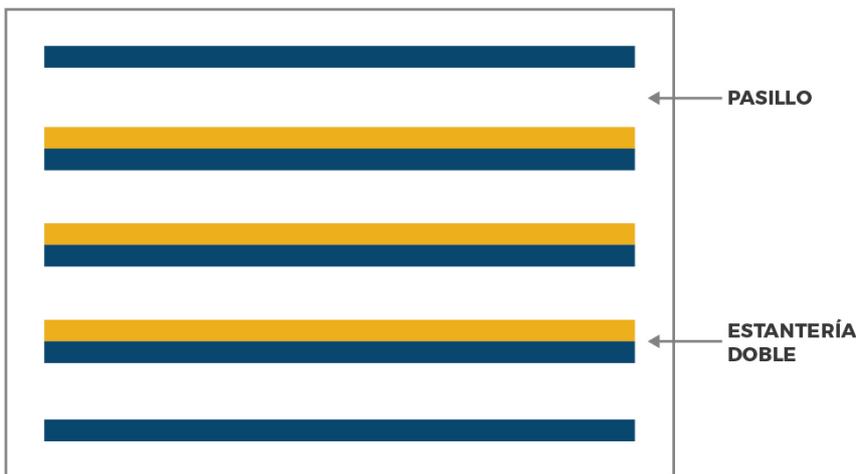


Ilustración 21.
Distribución de un
almacén o bodega



Iván Gómez Gómez
Giuseppe Vanoni Martínez
Andrés Gómez Ríos
Martha Jaroslava Guerrero

1. MÉTODOS DE TRABAJO
2. MEDICIÓN DEL TRABAJO
 - 2.1. FUNDAMENTACIÓN DEL MUESTREO DE TRABAJO
 - 2.2. RITMO DE TRABAJO Y TIEMPO SUPLEMENTARIO
 - 2.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA
 - 2.4. CÁLCULO DEL TIEMPO DEL PROCESO
 - 2.5. DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS
 - 2.6. ¿PARA QUÉ SE MIDE EL TRABAJO?
3. PRODUCTIVIDAD
 - 3.1. DIAGRAMAS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD
 - 3.2. DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO (DIAGRAMA DE MÉTODO)
 - 3.3. DIAGRAMA DE RECORRIDO
 - 3.4. DIAGRAMA DE FLUJO
 - 3.5. DIAGRAMA DE OPERACIÓN (MANO IZQUIERDA - MANO DERECHA)
 - 3.6. DIAGRAMA DE ENSAMBLE (MONTAJE)
 - 3.7. DIAGRAMA DE ACTIVIDAD (DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA)
 - 3.8. HOJA DE RUTA (ORDEN DE TRABAJO)
 - 3.9. LAS 6 M's

1. Métodos de trabajo

Reza el conocido dicho administrativo: “lo que no se mide no se administra”, frase que generalmente se le atribuye a Peter Drucker. Considero que es necesario ir un poco más allá: “lo que no se conoce no se administra”. Conocer la manera de realizar cualquier actividad es el primer paso fundamental para garantizar el cumplimiento de las expectativas de nuestros clientes. En este capítulo, nos dedicaremos al conocimiento de la “forma” en que se realiza un trabajo. Recordemos que todo trabajo es un proceso. Así mismo, recordemos que un proceso es una serie organizada de pasos para alcanzar un objetivo. Este objetivo puede ser un bien o un servicio.

Pero no basta sólo con conocer la forma en que se lleva a cabo un proceso. Es necesario analizarlo profundamente para encontrar alternativas que nos conduzcan a realizar dicho proceso de una manera más eficiente, más eficaz y más efectiva. Es esto lo que planteamos en esta sección.

Analizar los detalles de un proceso nos lleva a encontrar aspectos de mejoramiento, llevándonos a obtener la optimización de los resultados a través de una adecuada utilización de los recursos, sean estos: humanos, materiales o técnicos.

Antes de comprender en qué consiste el análisis de los métodos de trabajo, haremos énfasis sobre algunos conceptos básicos:

- **Procedimiento:** Es el detalle escrito del método de trabajo. Describe la forma cómo se debe ejecutar un método. Responde a las preguntas: qué se hace, para qué se hace, cómo se hace, quién lo hace, cuándo lo hace. Es el método de trabajo expresado en palabras comprensibles.
- **Método:** Se refiere a los pasos que se realizan para ejecutar un proceso, donde se identifica con claridad el tipo de acción que se lleva a cabo, el orden de realización y el alcance del proceso (donde inicia y donde termina). Se apoya en diagramas que ilustran cada paso, su secuencia y duración.
- **Proceso:** Serie de actividades que están diseñadas para convertir insumos en productos (servicios) a través de la generación de valor ocasionada por la transformación que va convirtiendo paulatinamente los insumos en resultados. El proceso lo entendemos a través del análisis del método. El proceso lo ejecutamos siguiendo el procedimiento.
- **Ingeniería de valor:** Cuando se diseña un bien o servicio aplicando todos los conocimientos técnicos, buscando describir y dar las pautas de elaboración o consecución de ese bien o servicio de forma tal que satisfaga las necesidades y expectativas del cliente.
- **Análisis de valor:** Es la calificación que damos a cada actividad valiéndonos de una pregunta reiterativa ¿esta actividad agrega o no valor?

El lector debe comprender la diferencia y la relación que hay entre procedimiento, proceso y método. Los símbolos empleados en el análisis de métodos de trabajo:



Operación: Alguna acción que se hace sobre el bien o servicio, que no necesariamente es de transformación. Puede agregar o no valor al resultado. Las identificamos con un verbo en infinitivo que indica esta acción o actividad en el proceso.



Inspección: Verificación o validación acerca de los resultados que se están obteniendo en ese momento. Se verifica, inspecciona, chequea la cantidad, la ubicación o el resultado de algunas operaciones anteriores. Siempre que empleemos alguno de estos verbos, que indican un análisis de resultados o una verificación de calidad, nos referiremos a la actividad “inspección”



Transporte: Es el movimiento físico de un producto, de una persona o de alguna maquinaria (herramienta o equipo). Se considera movimiento cuando el desplazamiento es superior a 1 metro. Identificamos esta actividad con los verbos mover, desplazar, llevar, ir u otros sinónimos de movimiento.



Demora: Cuando tenemos que esperar que algo suceda y mientras tanto no podemos hacer nada, se dice que la actividad es una demora o una espera. Indicarán esta actividad los verbos esperar, aguardar o sinónimos. También suele decirse que la demora es un almacenamiento temporal.



Almacenamiento: En el momento en que un producto que ubicado en un sitio fijo y sólo puede moverse de allí con una orden superior o un documento de respaldo, se dice que hay un almacenamiento. Esto es lo que sucede en las bodegas.

Para poder entender un proceso, como se dijo anteriormente, es necesario conocer cuáles son los pasos que se llevan a cabo. A esto se le conoce como levantamiento de la información. Esta información se registra en el “Diagrama de flujo del Proceso”. Cabe anotar que sólo puede ser confiable este diagrama si la información se tomó de la observación directa y no de lo que creemos que se hace.

A veces hay mucha diferencia entre lo que un empleado u operario realiza y lo que realmente deseamos que haga. El diagrama se elabora teniendo claridad si vamos a estudiar al empleado (operario), al material (producto) o la máquina. Debemos escoger alguna de ellas. Una vez obtenido el diagrama, procedemos a su análisis. En éste, elaboramos preguntas que nos sugieren alguna mejora:

PREGUNTA

- ¿Qué se hace?
- ¿Dónde se hace?
- ¿Cuándo se hace?
- ¿Quién lo hace?
- ¿Cómo se hace?
- ¿Agrega valor?

ACCIÓN

- Eliminar operaciones innecesarias
- Combinar operaciones si es posible
- Cambiar el orden de las actividades
- Simplificar el proceso
- Simplificar el proceso
- Eliminación de operaciones innecesarias

2. Medición del trabajo

Surge una pregunta obvia. ¿Cómo medir el tiempo de ejecución de un proceso? Los Ingenieros Industriales son expertos en esta labor. Y son ellos quienes han desarrollado múltiples metodologías que nos ayudan a encontrar la respuesta a nuestra inquietud:

- Estudios de tiempos con cronómetro
- Datos de tiempo estándar (experiencia anterior)
- Sistemas predeterminados
- Muestreo del trabajo

En esencia, estos cuatro métodos nos llevan, de formas distintas, a conocer la duración de un proceso. Nosotros vamos a desarrollar sólo la metodología relacionada con el muestreo del trabajo, por ser la más fácil de aplicar. Pero es necesario aclarar que por ser la más fácil de aplicar no significa que sea la menos confiable. Ninguno de ellos puede hacerse si el trabajo no está previamente normalizado, esto es, mejorado y estandarizado.

FUNDAMENTACIÓN DEL MUESTREO DE TRABAJO

- **Definición:** Con base en una muestra estadística se “infieren” el tiempo de ejecución de un proceso o de una actividad. Por lo tanto, su fundamentación estadística lo hace aplicable a casi todo tipo de proceso, sea éste operativo o administrativo.
- **Usos:** Recomendable especialmente para actividades relacionadas con el servicio. Su uso en los trabajos de tipo operativo es perfectamente viable, siempre que se considere la base estadística requerida
- **Base estadística:** Es necesario tener en cuenta lo siguiente: establecer el nivel de confianza deseado:

Determinar el número de observaciones requeridas
Establecer en qué momento se debe realizar cada observación
Las mediciones siempre deberán ser aleatorias

RITMO DE TRABAJO Y TIEMPO SUPLEMENTARIO

Vamos a tratar de explicar muy brevemente estos dos conceptos. El ritmo de trabajo se refiere a la velocidad que un empleado u operario realiza su trabajo, comparando esta velocidad con la ejecución que un empleado promedio, normal, puede realizarla y mantenerla durante la jornada laboral. Con mucha experiencia y entrenamiento, el analista puede lograr determinar el grado de ejecución de la actividad del empleado, desde “muy lenta” hasta “muy rápida”, calificándola según el caso (en múltiplos de 5):

Muy rápido	entre	110% y 130%
Rápido	entre	110% y 110%
Normal	alrededor de	100%
Lento	entre	90% y 100%
Muy lento	entre	70% y 80%

Si encontramos calificaciones que estén por encima del 130% o por debajo del 70%, podemos estar seguros que el empleado que estamos calificando no es confiable y deben tomarse medidas administrativas al respecto, salvo que el proceso que estemos analizando sea tan obsoleto o tan complicado que justifique dicha interpretación. Esta evaluación porcentual o calificación, pretende “igualar” los resultados observados del empleado frente a lo que se consideraría una ejecución normal. Puede calificarse todo o el proceso en general, aunque lo recomendable es hacer dicha calificación actividad por actividad.

El segundo concepto que vamos a analizar es el tiempo suplementario. Éste nace de la casi obligación de dar unos tiempos de relajación, esto es, un tiempo que todo ser humano necesita para su bienestar personal, como descansar brevemente después de un gran esfuerzo, tomarse un vaso con agua o un tinto, recibir instrucciones breves, dialogar con sus compañeros, etc. Para tratar de hacer justicia con los empleados y operarios, según el grado de dificultad del trabajo, las condiciones ambientales del entorno, el estrés y la monotonía; se le concede al trabajo un tiempo adicional para permitir estas inevitables acciones de relajación. La OIT (Organización Internacional del Trabajo) ha diseñado una tabla que sirve de referencia. A continuación, se describe un resumen de dicha tabla:

Lo mínimo recomendable que debe concederse es un tiempo suplementario de 9%, con lo cual se cubre las necesidades mínimas básicas de cualquier empleado. El análisis para la asignación de este tiempo debe hacerse concienzuda, pues conceder tiempos sin justificación podría arruinar la calidad de la información obtenida.

La OIT es un organismo o agencia de las Naciones Unidas con interlocución social conformada por representantes de los gobiernos, de los empleadores y de los trabajadores. “La OIT es la institución mundial responsable de la elaboración y supervisión de las Normas Internacionales del Trabajo. Es la única agencia de las Naciones Unidas de carácter “tripartito” ya que representantes de gobiernos, empleadores y trabajadores participan en conjunto en la elaboración de sus políticas y programas, así como la promoción del trabajo decente para todos. Esta forma singular de alcanzar acuerdos da una ventaja a la OIT, al incorporar el conocimiento “del mundo real” sobre empleo y trabajo” (OIT, 2012).

1	SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por necesidades personales	5	7
B	Suplemento base por fatiga	4	4
2	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRES	MUJERES
A	Suplemento por trabajar de pie	2	4
B	Suplemento por postura anormal		
	Ligeramente incómoda	0	1
	Incómoda (inclinado)	2	3
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7
C	Uso de fuerza/energía muscular (levantar, tirar, empujar) Peso levantado (kg)		
	2,5	0	1
	5	1	2
	10	3	4
	25	9	20 máx
	35,5	22	---
D	Mala iluminación		
	Ligeramente debajo de la potencia calculada	0	0
	Bastante por debajo	2	2
	Absolutamente insuficiente	5	5
E	Condiciones atmosféricas Índice de enfriamiento Kata		
	16		0
	8		10
	4		45
	2		100
F	Concentración intensa		
	Trabajos de cierta precisión	0	0
	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
G	Ruido		
	Continuo	0	0
	Intermitente y fuerte	2	2
	Intermitente y muy fuerte	5	5
	Estridente y fuerte		
H	Tensión mental		
	Proceso bastante complejo	1	1
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
	Muy complejo	8	8
I	Monotonía		
	Trabajo algo monótono	0	0
	Trabajo bastante monótono	1	1
	Trabajo muy monótono	4	4
J	Tedio		
	Trabajo algo aburrido	0	0
	Trabajo bastante aburrido	2	1
	Trabajo muy aburrido	5	2

Ilustración 23.
Suplementos al trabajo
Fuente: Introducción al Estudio
del Trabajo - OIT

Aunque existen tablas que pretenden sistematizar las recomendaciones de la OIT para la asignación de los tiempos suplementarios, vemos en el siguiente comentario de Ingenieros Industriales (<http://ingenierosindustriales.jimdo.com>):

A través de los años, y conforme el tema de la determinación de los suplementos se ha vuelto cada vez más debatido por los empleadores, especialistas y los gremios sindicales; los mismos han solicitado reiteradamente a la OIT (Oficina Internacional del Trabajo) que determine su posición respecto a la valoración que deben recibir dichos suplementos. Sin embargo y argumentando (en lo cual estamos de acuerdo) la complejidad respecto al establecimiento de un conjunto de suplementos universalmente aceptado que pueda responder a cualquier situación de trabajo, la OIT ha expresado que: “La OIT no ha adoptado, y no es tampoco probable que adopte, normas relativas a la determinación de suplementos”.

RITMO DE TRABAJO Y TIEMPO SUPLEMENTARIO

Para que estadísticamente sea confiable la asignación de tiempos, el tamaño de la muestra debe obedecer la siguiente regla:

- **p**: porcentaje de actividad
- **q**: porcentaje de inactividad
- **e**: error esperado (exactitud)
- **C**: precisión (confiabilidad) según el nivel de confianza
- **Z**: número de desviaciones estándar

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{e^2}$$

Z	NIVEL CONFIANZA
	α
1.000	0.680
1.645	0.900
1.960	0.950
2.000	0.955
2.576	0.990
3.000	0.997

Ilustración 24.
Número de Z según la confianza

Dicho en pocas palabras, se toma una pequeña muestra, se establece una proporción de actividad (porcentaje de tiempo trabajado), se estima un error tolerable y se decide un nivel de confianza. Según estos datos, aplicamos la fórmula anterior y hallamos el número mínimo de muestras que debemos tomar.

CÁLCULO DEL TIEMPO DEL PROCESO

Veamos primero las variables que debemos aplicar:

- **TT:** Tiempo total del estudio (minutos)
- **p:** Porcentaje de actividad (%)
- **Cf:** Calificación del desempeño (%)
- **TE:** Tiempo estándar
- **PR:** Número de unidades producidas
- **TS:** Tiempo suplementario (%)

Para calcular el tiempo estándar TE, aplicamos la siguiente fórmula:

$$TE = \frac{(TT) * (p) * (Cf) * (1 + TS) PR}{}$$

Veamos un ejemplo: Para medir la cantidad de clientes que puede atender diariamente un supermercado, el Director de Operaciones decide hacer el siguiente ejercicio:

- Durante una semana, lleva el registro total de cuántos clientes fueron atendidos. Esta cifra ascendió a 1200 clientes (de lunes a viernes)
- El total de cajas que operaron continuamente durante estos cinco días fue de 5 cajas, que en total laboraron 200 horas
- Exactamente cada quince minutos, registraba si en ese preciso instante la cajera que observaba estaba atendiendo o no algún cliente. En total hizo 160 registros, encontrando que, en 144 oportunidades, estaban ocupadas, pero las restantes 16 veces hacían cosas distintas. Esto significa un 90% de actividad
- Con base en estos datos, el Director de Operaciones calculó el tiempo de atención por cada cajera, así:

$$TE = \frac{(\text{Total de Horas}) * \text{Porcentaje de actividad}}{\text{Número total de clientes atendidos en ese tiempo}} + TS$$

$$TE = \frac{(200 \text{ horas}) * 90\%}{\text{clientes}} * (1 + 10\%)$$

$$TE = 0,165 \text{ horas por cliente}$$

Esto quiere decir, aproximadamente 6 clientes por hora, cada cajera.

Se le pide elaborar el Diagrama del proceso de pago, buscando encontrar algunas mejoras que permitan reducir el tiempo de atención (aumentar los clientes atendidos).

Si después de poner en práctica las mejoras planteadas se logra reducir el tiempo de atención a 0,125 horas, calcule el indicador de gestión que se obtuvo para el supermercado.

Diga qué tipo de indicador de gestión es el que aplicó y explíquelo.

DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Los pasos necesarios para elaborar un estudio de tiempos valiéndonos del muestreo del trabajo son los siguientes:

- Identificar la actividad o tarea a estudiar
- Calcular la proporción del tiempo de actividad
- Especificar la precisión deseada
- Determinar los momentos en que se debe tomar las mediciones
- Periódicamente recalcular el tamaño de la muestra con los datos obtenidos y corregir si es el caso.

DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Algunas de las aplicaciones de un estudio de tiempos pueden ser:

- Para programar el trabajo y asignar capacidades (cargas)
- Como base para la medición del desempeño y la motivación de la fuerza laboral.
- Como medición previa a la licitación de nuevos contratos o la evaluación de los existentes.
- Como punto de referencia con miras al mejoramiento.

3. Productividad

Interacción entre los diferentes factores, que permite medir la gestión conveniente o inconveniente que se han combinado -utilizado- los recursos para cumplir con los resultados planificados. Es la medida en que se consumen los recursos en un proceso para cumplir unos resultados, obtener unos productos o servicios. Es la única forma de comparar el desempeño con los resultados anteriores. Es el desempeño con relación a la capacidad máxima.

$$Pt = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

También podría definirse, aplicando los conceptos de eficacia y eficiencia. La limitación de esta formulación está en el hecho de que medir la eficacia y la eficiencia no es sencillo, así como también su cálculo o interpretación. No obstante, al analizar el concepto, se tiene más luces sobre lo que realmente significa la productividad:

$$Pt = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}}$$

La productividad se puede medir totalmente o parcialmente; según que se consideren todos los recursos o parte de ellos.

Podemos generalizar, sin lugar a equivocarnos, que todos los indicadores vistos anteriormente son, en esencia, indicadores de productividad. Esto es cierto si observamos que cada uno de ellos está enfocado hacia los insumos o los recursos, pero su aplicación es más diversa. Justamente esta variedad de mediciones es la que complica el entendimiento claro y la posibilidad de comparar los indicadores entre organizaciones distintas, entre negocios similares o secciones de una misma organización.

Distinguimos capacidad como la “oferta”, lo que la empresa está en condiciones de realizar. Productividad son los resultados obtenidos, que pueden compararse contra las cifras anteriores, contra el estándar (capacidad) o contra los resultados de otras empresas similares. La definición de productividad moderna es atender todas las necesidades de los clientes usando inteligentemente todos los recursos de que se disponga. Unas definiciones adicionales sobre productividad podrían ser:

$$Pt = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\text{Valor producido}}{\text{Valor consumido}} = \text{Tasa de valor agregado}$$

Hay tres cosas que se pueden hacer para mejorar la productividad: trabajar sobre el software, trabajar sobre el hardware o trabajar sobre el humanware (Bohan & García, 2003):

- **Productividad:** También conocida como tasa de valor agregado. Es la relación entre los resultados y los recursos empleados para lograr dichos resultados. Es decir, es producir más y mejor con menos.
- **Competitividad:** Ser competitivo es tener la mayor productividad entre todos los competidores. Está relacionada, entonces, con el éxito.
- **Supervivencia:** Es una consecuencia de la productividad y la competitividad que hacen rentables al negocio. Es operar un sistema con un equipo de personas, de tal forma que ganen la preferencia del consumidor a un costo inferior al de su mejor competidor.

Analicemos la productividad de una fábrica de caretas: La empresa “D. La. Cara”, quiere revisar lo que ha sucedido un año después de haber implementado algunos cambios en sus métodos. La novedad es que ha decidido producir cuatro líneas de caretas, para cuatro segmentos de mercado diferentes absorbidos por el mercado de exportación. Disponen de tres máquinas, cada una de las cuales puede producir cualquier modelo. Revisemos las cifras:

Se dispone de tres máquinas para producir las caretas.

Se elaboran cuatro modelos de producto: A, B, C y D.

Hay en total cinco operarios. Tres para la operación de las máquinas y dos para las labores de empaque y despacho; el salario que se les paga es de \$612.000⁵

Política del dueño: se labora un turno de 8 horas, de lunes a sábado. El mantenimiento preventivo se hace a través de una empresa especializada, quienes hacen las labores -preventivas y programadas- después de terminado el turno laboral. Ellos garantizan la operatividad de cada una de las máquinas durante el turno.

Sigue vigente la política del dueño: no laborar los días domingos ni festivos. El estándar de producción con las máquinas nuevas es de 15 lapiceros por minuto para el modelo A, 20 para el modelo B, 30 para el modelo C y 25 para el D.

El costo de una hora de trabajo normal es de \$2,550 y el de una hora extra diurna es de \$2,932.50

El costo de almacenamiento se estima en \$100 por cada unidad.

Cuando se contrata con terceros, se negocia un costo adicional de \$15 al costo de cada unidad, para garantizar la calidad.

⁵ Pesos colombianos

El costo unitario total de cada producto es de \$1000 para el modelo A, el del B es \$800, el del C es de \$1050 y el del D es de \$2000.

El costo variable por unidad es: modelo A \$526, \$485 el B, \$536 el C y \$732 el D.

Los costos fijos totales son de \$20.000.000

El precio unitario de venta es de \$1800 el producto A, \$1440 el B, \$1890 el C y \$3600 el D.

Los minutos -hombre estándar para cada modelo son 0,067 para el modelo A, para el B son 0,050, para el C son 0,033 y para el D son 0,040 minutos - hombre estándar.

El número de unidades producidas al año, las horas -hombre estándar, las horas-hombre que se laboraron y las ventas en pesos y unidades, se muestran en las siguientes tablas:

ESTADÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN			
	Año 1	Año 2	Variación
Producción	1,266,000	1,980,000	56.4%
Horas/hombre	1,393	1,842	
Caretas/hora	908.83	1,075.09	18.3%

Tabla 8.
Estadísticas de producción
Fuente: Elaboración propia,
con base en Bohan

Al analizar estas cifras, notamos que la productividad global de caretas/hora tiene un aumento de 18.3%.

ESTADÍSTICAS DE VENTAS			
	Año 1	Año 2	Variación
Ventas	2,340,000,000	3,300,300,000	41.0%
Horas/hombre	1,393	1,842	
Ventas/hora-hombre	1,679,827.71	1,791,985.67	6.7%

Tabla 9.
Estadísticas de ventas
Fuente: Elaboración propia,
con base en Bohan

Pero al analizar las cifras de ventas, notamos que el aumento de la productividad es tan solo del 6.7%

ESTADÍSTICAS COMBINADAS DE VENTAS Y PRODUCCIÓN			
	Año 1	Año 2	Variación
Ventas	2,340,000,000	3,300,300,000	41.0%
Producción	1,266,000	1,980,000	56.4%
Ventas/hora-hombre	1848.34	1666.82	-9.8%

Tabla 10.
Estadísticas combinadas de ventas
y producción
Fuente: Elaboración propia,
con base en Bohan

ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DEL AÑO 2												
Datos de Prod.	m-H std	HH std	Prod	H-H std								
			Trimestre 1		Trimestre 1		Trimestre 1		Trimestre 1		Total año 2	
Car A	0,067	0,0011	200.000	222,20	260.000	288,90	300.000	333,30	320.000	355,60	1.080.000	1.200,00
Car B	0,050	0,0008	100.000	83,30	100.000	83,30	100.000	83,30	150.000	125,00	450.000	374,90
Car C	0,033	0,0006	0	0,00	100.000	55,60	100.000	55,60	100.000	55,60	300.000	166,80
Car D	0,067	0,0011	0	0,00		0,00	50.000	33,30	100.000	66,70	150.000	100,00
Total lap.			300.000	—	460.000	—	550.000	—	670.000	—	1.980.000	—
H-H std				306	—	428	—	506	—	603	—	1.842
Nro oper			1		2		2		3			
Nro días lab			72		76		76		76		300	
H-H lab			576		1.216		1.216		1.824		4.832	
H-H std/H-H lab			0,53		0,35		0,42		0,33		0,38	

ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DEL AÑO 2							
Datos de ventas		Precio unitario	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Total año 2
Car A	Pesos unidades	1800	396.000.000	450.000.000	540.000.000	540.000.000	1.926.000.000
			220.000	250.000	300.000	300.000	1.070.000
Car B	Pesos unidades	1440	115.200.000	144.000.000	172.800.000	187.200.000	619.200.000
			80.000	100.000	120.000	130.000	430.000
Car C	Pesos unidades	1890	0	94.500.000	113.400.000	151.200.000	359.100.000
			0	50.000	60.000	80.000	190.000
Car D	Pesos unidades	3600	0	0	72.000.000	324.000.000	396.000.000
			0	0	20.000	90.000	110.000
			Total ventas (\$)				3.300.300.000
			Total ventas (unid)				1.800.000

Tabla 11.

Estadísticas de producción año 2

Fuente: Elaboración propia con base en Bohan

Observamos que la proporción de horas estándar contra las horas realmente laboradas es de 0.38. Podemos interpretar esta cifra como que realmente utilizamos sólo el 38% de las horas totales en labores productivas. Esto significa que el 62% del tiempo restante fue tiempo improductivo.

Nuestros esfuerzos deben estar encaminados, entonces, a reducir el tiempo improductivo. Recordemos que cuando no se genera valor, se genera costo. En el ejemplo que estamos analizando, encontramos unos costos ocultos del 62%, que están representados en labores improductivas.

Esto realmente no nos debe extrañar, pues como lo vimos al hablar sobre calidad, hay muchas labores que generan PDI (costos ocultos de la no-calidad) sobre los cuales no tenemos conciencia de su existencia.

¿Por qué hay tanta discrepancia entre la primera forma (tres tablas iniciales) y la última forma? La respuesta, aunque parezca insólita, es que en las tres primeras tablas la productividad está mal medida.

Se confunden en su cálculo debido a que hay una mezcla de productos que quieren medir de forma combinada y se confunden también en que el concepto de productividad diferencia entre estar ocupado y estar trabajando, entre generar valor y generar costo (tiempo perdido o improductivo).

Vamos a corregir el concepto de productividad considerando la producción equivalente. Este concepto permite sumar productos diferentes, hallando la equivalencia con relación al producto líder:

Careta A	900 un / h	1.00
Careta B	1200 un / h	1.33
Careta C	1800 un / h	2.00
Careta D	1500 un / h	1.67

Observemos nuevamente la tercera tabla, en la que hemos corregido las unidades producidas con las unidades equivalentes:

ESTADÍSTICAS COMBINADAS DE VENTAS Y PRODUCCIÓN			
	Año 1	Año 2	Variación
Ventas	2,340,000,000	3,300,300,000	41.0%
Producción	1,266,000	2,530,000	56.4%
Ventas/hora-hombre	1848.34	1304.47	-29.4%

Tabla 12.

Estadísticas Combinadas de ventas y producción

Fuente: Elaboración propia, con base en Bohan

Concluimos que las ventas subieron un 41.0%, la producción subió un 56.4%, pero la relación ventas / producción disminuyó en un 29.4%. Esta relación está involucrando los dos resultados anteriores que parecen alentadores, aunque en la realidad se ve que hubo una disminución en la productividad.

Esta empresa, como se señaló anteriormente, tendrá que trabajar mucho en mejorar los resultados para toda la organización y no sólo los resultados locales de producción o ventas.

DIAGRAMAS UTILIZADOS PARA ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD

Una vez que se ha diseñado el producto utilizando la metodología QFD, por ejemplo, el paso siguiente es diseñar el proceso para producir lo diseñado. Diseñar el proceso significa encontrar los pasos necesarios para lograr los resultados planeados (expresados en requisitos). Esto implica conocer qué se hace en una máquina, qué se elabora en otra planta, etc. Igualmente, se define quién hace cada paso y en qué orden debe hacerse.

Para llegar a la mejor definición de los procesos se utilizan una serie de diagramas, cada uno de los cuales tiene un propósito específico.

Ya sea que se controle una máquina, se fabriquen componentes o se ensamblen las piezas, la forma en que se haga una tarea hace la diferencia en el desarrollo, seguridad, y calidad. Utilizando el conocimiento de la ergonomía y el análisis de métodos, se diseñan los procesos asegurando que los estándares de calidad y cantidad se logren en forma eficiente y segura.

Los diagramas se elaboran en dos fases, el método actual y el método propuesto. Esto quiere decir que primero se elabora un diagrama con la situación tal cual se está haciendo ahora y con base en ella se redefinen las actividades (tareas) para encontrar el mejor método, que se conoce como método mejorado y que generalmente va acompañado de un análisis de tiempos que demuestren el mejoramiento.

DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO (DIAGRAMA DE MÉTODO)

Este es un diagrama muy útil para analizar un esquema existente del flujo, el cual expone gráficamente cada paso que sigue una unidad en la planta, comenzando por la materia prima y prosiguiendo hasta que el producto está terminado. Todas las actividades se registran con símbolos en la gráfica (operaciones, transportes, demoras, inspecciones, almacenamientos).

El objetivo es determinar el método para producir la unidad que emplee el menor número de tales actividades, eliminando la mayor cantidad posible de los transportes, demoras, inspecciones y almacenamientos y procurando solo que queden operaciones que generen valor). Este diagrama ya lo vimos al principio de esta sección.

La eficiencia se consigue, entonces, combinando o eliminando operaciones, reduciendo o eliminando transportes, reubicando máquinas, hallando rutas alternas, eliminando demoras con una programación adecuada, etc. Las preguntas clave serán ¿qué? ¿por qué? ¿cuándo? ¿quién? ¿dónde? ¿cómo? a cada actividad (esta técnica se conoce como las cinco w y una h). Este diagrama tiene dos versiones, una muestra el flujo como tal en una línea que va de arriba abajo y de izquierda a derecha (que se utiliza adicionalmente en el diagrama de ensamble que veremos más adelante).

La otra versión igualmente usada es la representación simbólica unida por una línea quebrada que reúne el flujo en que va el proceso. Veamos un ejemplo para manufacturar una caja pequeña con una etiqueta impresa. Mostramos las dos formas en que podría representarse en el diagrama.

NRO	ACTIVIDAD	●	■	➔	D	▼	VALOR AGREG.
1	Desplazamiento a bodega de Materia Prima			X			
2	Seleccionar materiales requeridos	X					
3	Se deja en zona de Corte					X	
4	Se separa según el tipo de materiales	X					
5	Se realiza el corte según especificaciones	X					X
6	Se deja en espera					X	
7	Se lleva a zona de doblado			X			
8	Queda en espera hasta ser requerido					X	
9	Se selecciona según tipo de corte	X					
10	Se hace el doblado	X					
11	Se lleva a zona de inspección			X			
12	Espera a ser inspeccionado					X	
13	Se inspecciona			X			
14	Pasa a zona de armado			X			
15	Espera a ser armado					X	
16	Se arma según el tipo de requerimiento	X					X
17	Se revisa			X			
18	Pasa a zona de almacenamiento			X			
19	Espera a ser almacenado					X	
20	Se almacena según disponibilidad de espacio					X	
TOTALES		6	2	5	6	1	3

Ilustración 26. Diagrama analítico del proceso del armado de cajas

DIAGRAMA DE RECORRIDO

Al dibujar las líneas en un plano de la planta, se muestra el recorrido que sigue todo el proceso productivo (trayecto) antes de obtener un producto terminado. Se trata de un diagrama casi a escala del área de trabajo, que muestra la localización de las distintas actividades identificadas por sus símbolos numerados, y está asociado con un diagrama específico de proceso o de flujo del proceso. Las rutas que se siguen en el transporte se muestran uniendo los símbolos en forma de secuencia mediante una línea que representa con la mayor exactitud posible los caminos de movimiento del trabajador.

En el diagrama se muestra de donde a donde va cada operación. Este diagrama nos muestra qué tan eficiente es el recorrido e incluso puede darnos idea de la distribución física de la planta. Por lo regular acompaña al Diagrama Analítico del Proceso.

	TERMINAL: Indicador de inicio o fin del proceso que se está detallando.	Polígono redondeado
	PROCESO: Se usa para describir la actividad a desarrollar (puede ser operación, inspección, transporte, espera, almacenamiento, etc.).	Rectángulo
	DOCUMENTO: Representa una salida en papel o un documento.	Rectángulo cortado
	DECISIÓN: Con este símbolo se identifica el momento de seleccionar una alternativa.	Rombo
	BASE DE DATOS: Representa el almacenamiento o suministro de información de una base de datos.	Cilindro
	PROCEDIMIENTO: Indica que la actividad se desarrolla en varios pasos que se explican en otra parte.	Rectángulo especial
	FLECHA DE FLUJO: Muestra el sentido del flujo del proceso. Lo habitual es que vaya de arriba a abajo y de izquierda a derecha.	Flecha
	CONECTOR: Indica un cambio de control del flujo dentro de la misma página. Se identifica con un número.	Círculo
	CONECTOR DE PÁGINA: Indica que se cambia el control a una página diferente. Se identifica con una letra mayúscula.	Polígono especial

Ilustración 28.

Simbología del diagrama de flujo

Fuente: Tomado de Lucidchar.com

Como se dijo antes, la elaboración del diagrama de flujo tiene una lógica y unos criterios o acuerdos. Lo primero que debe entenderse, es que un diagrama de flujo pretende identificar el paso a paso de cualquier proceso. Es por esto que se debe partir de la observación del proceso y no desde los recuerdos mentales de éste.

Por otro lado, la simbología implica que cada elemento tiene un uso determinado, como se muestra en la ilustración anterior. Pero su uso tiene unas condiciones, como, por ejemplo:

- Se inicia y se termina con el símbolo polígono redondeado.
- No puede haber más de un inicio ni más de un final.
- El flujo debe ir, en lo posible, de arriba abajo y de izquierda a derecha.
- El conector circular se usa para cambio de flujo en la misma página.
- El conector especial se usa para indicar cambio del flujo entre páginas.
- No se pueden cruzar flechas.
- A las figuras puede llegar cualquier cantidad de flechas.
- Del rombo pueden salir varias flechas.
- De las demás figuras sólo sale una sola flecha.
- Al interior de la figura se describe la acción a seguir.
- El rectángulo representa cualquier actividad.
- El rectángulo especial significa que la actividad indicada tiene más pasos.

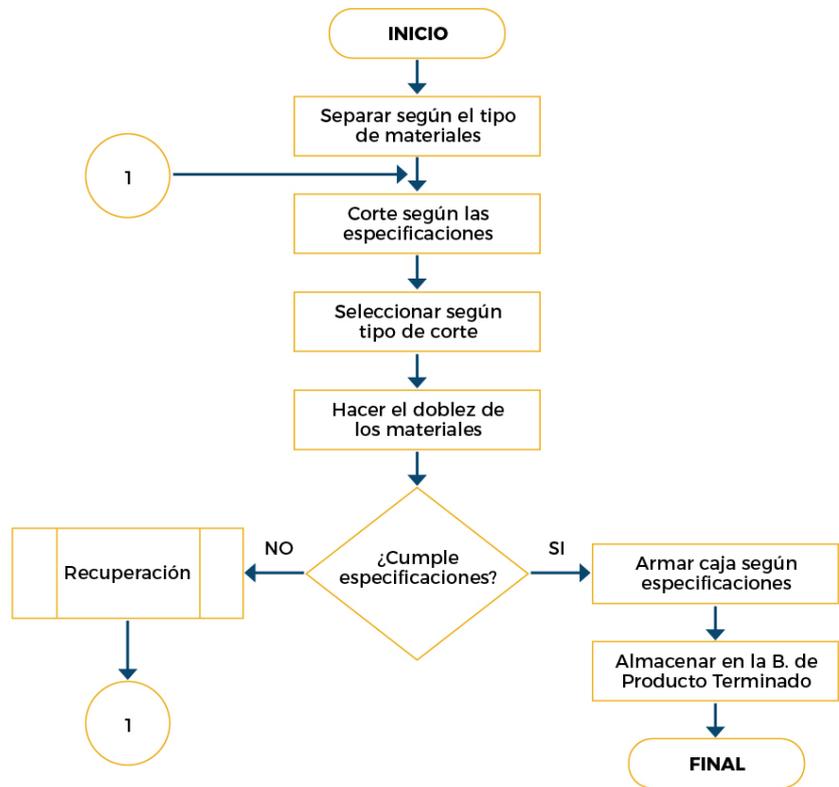


Ilustración 29. Diagrama de flujo armado de cajas

DIAGRAMA DE OPERACIÓN (MANO IZQUIERDA - MANO DERECHA)

Contiene la lista del trabajo que efectúan simultáneamente la mano izquierda y la mano derecha de un operador en una estación de trabajo específica, presenta cuatro columnas, una para cada mano, que enlistan los elementos secuenciales de la tarea, las otras dos columnas se utilizan para los símbolos según la actividad realizada (operación, transporte, espera, inspección, almacenamiento).

El objetivo es diseñar la estación de trabajo para que ambas manos se utilicen eficientemente en lugar de hacer tareas poco productivas como retener, permanecer en demoras excesivas, transportar. Este diagrama sirve para recoger información de forma detallada, a fin de adquirir un conocimiento superior del mismo y poder mejorarlo. Representan gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo, pero en el cual sólo se analizan los movimientos elementales de las manos

Una característica importante de este diagrama, es que su principal utilización se da no en procesos grandes y complejos, sino más bien a nivel de estaciones de trabajo, o en puestos de trabajo determinados, ya que la información que suministra tiene mucho que ver con el diseño propiamente de dicho puesto.

Veamos un ejemplo del armado de la caja del ejemplo que se está estudiando.

MANO IZQUIERDA						MANO DERECHA					
ACTIVIDAD	●	■	➡	Ⓧ	▼	●	■	➡	Ⓧ	▼	ACTIVIDAD
Espera						X					Toma el material de la mesa
Posiciona el material	X					X					Posiciona el material
Sostiene el material	X					X					Dobla esquinas
Gira el material 180 grados	X								X		Espera
Sostiene el material	X					X					Dobla la base
Sostiene la caja	X					X					Cruza las solapas superiores
Gira el armado 180 grados	X								X		Espera
Sostiene la caja	X					X					Cruza solapas inferiores
Mueve a zona de espera				X					X		Espera
Deja en la zona de espera					X					X	Espera
TOTALES	6	2	5	6	1	6	0	0	3	1	

Ilustración 30.
Diagrama Bimanual

DIAGRAMA DE ENSAMBLE (MONTAJE)

En la etapa de planeación de un sistema de producción no se conocen aún los esquemas de las máquinas y la planta.

A partir de los diseños de las piezas y el producto, sólo se pueden visualizar las operaciones necesarias y la secuencia en que tienen que realizarse. Los diagramas de montaje o ensamble, recorrido y flujo de proceso son las representaciones visuales de tales métodos.

Un diagrama de montaje da una amplia vista de conjunto de cómo se van a montar las diversas partes manufacturadas separadamente para hacer el producto final (como un motor de combustión interna, por ejemplo).

También puede mostrar un flujo en reversa (el desarme de un producto, por ejemplo) o la derivación de subproductos (como los derivados de la leche, por ejemplo).

Veamos un ejemplo del ensamble de una butaca. Es de anotar que en este tipo de diagrama es posible también identificar cada una de las actividades con los símbolos apropiados, o hacer en rectángulos como se muestra en el ejemplo.

Como puede verse, se trata de una serie de bloques en un flujo de proceso, que surgen en otra etapa específica, para completar el producto terminado. Este caso puede ser de fabricación de partes que luego se usan en otra etapa o de ensamble de piezas que vienen ya elaboradas desde un proveedor.

Otro uso importante de un diagrama de ensamble es la programación de la producción, de manera especial en el taller de trabajo. Se dibuja a escala utilizando alguna unidad de tiempo conveniente a lo largo de la horizontal.

El diagrama es un conjunto de barras, cada una de las cuales representa los tiempos de comienzo y fin de la manufactura o instalación de componentes y / o sub-montajes.

Conociendo la fecha de entrega prometida, un programador puede trabajar hacia atrás y determinar el tiempo para procesar órdenes de trabajo de componentes. Veamos un pequeño ejemplo:

NOMBRE DEL PROCESO _____
 ACTIVIDAD INICIAL _____
 ACTIVIDAD FINAL _____
 MÉTODO PROPUESTO _____ ACTUAL _____

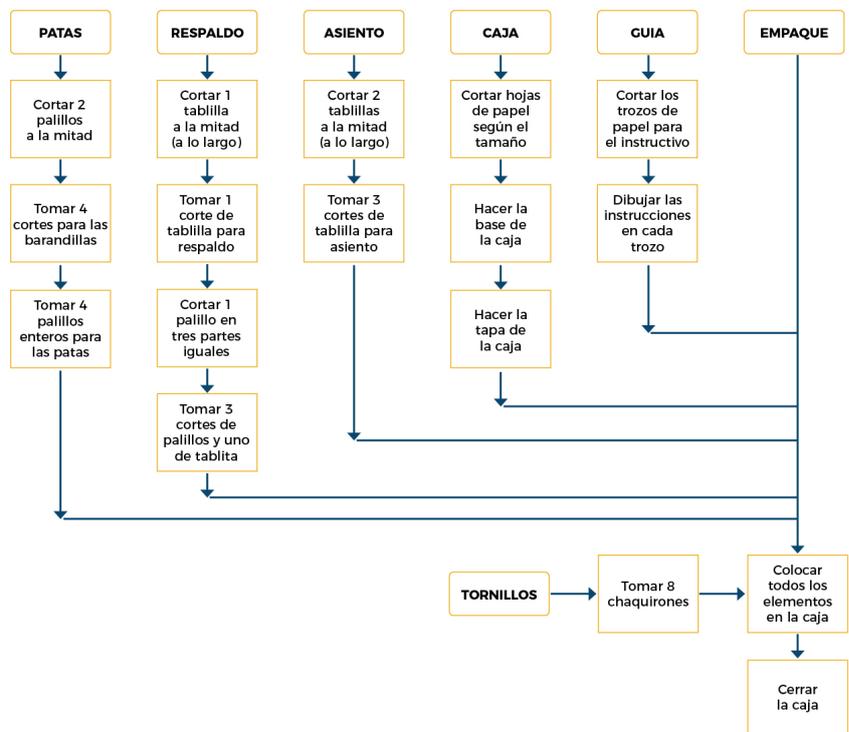


Ilustración 31.
Diagrama de Ensamble

DIAGRAMA DE ACTIVIDAD (DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA)

En algunas clases de trabajo, el operario y la máquina trabajan intermitentemente. Esto es, la máquina está inactiva mientras el trabajador la carga o la descarga, y el operario permanece inactivo mientras la máquina está en funcionamiento. No solo conviene eliminar el tiempo inactivo del operario, sino también mantener la máquina en funcionamiento tan próximo a su capacidad como sea posible.

Lo primero que hay que hacer para eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina es registrar con gran exactitud cuándo trabaja el operario y cuándo la máquina y lo que hace cada uno. La mayor parte de las operaciones incluyen tres fases principales: Preparar, Ejecutar y Retirar (o limpiar).

HOMBRE	MÁQUINA
Prepara: Coge la pieza, la coloca en la plantilla, la sujeta y opera la máquina (0.5 min.).	Inactiva
Inactiva	Perfora en la pieza orificio de 12mm con avance automático (2.5 min.).
Levanta la broca, suelta la pieza, la retira y limpia las virutas (0.75 min.)	Inactiva

Ilustración 32.
Diagrama Hombre -Máquina

Este simple diagrama tiene el siguiente resumen:

	HOMBRE	MÁQUINA
Tiempo inactividad	2.50 min.	1.25 min.
Tiempo de trabajo	1.25 min.	2.50 min.
Tiempo de ciclo	3.75 min.	3.75 min.
% utilización	33	67

Tabla 13.
Resumen interacción Hombre -Máquina

Del diagrama se desprende que el tiempo de ocio del operario es del 67%, por lo tanto, podría utilizarse dicho tiempo haciendo algo más, como operando otras dos máquinas similares siempre y cuando el tiempo total no exceda el de ciclo.

HOJA DE RUTA (ORDEN DE TRABAJO)

En ella se muestra cómo se va a producir una pieza, qué máquinas se necesitan, las herramientas que se van a emplear, los tiempos de montaje estimados para las máquinas, y la producción en términos del número de unidades esperadas de cada máquina por hora, se requiere una hoja de ruta para cada pieza del montaje.

La información reunida de todas las hojas de ruta (podría haber más de un producto que fabricar) es en extremo importante y se utiliza en muchas fases de la

planeación futura. Esta información se requiere para determinar el número y los tipos de máquinas que se han de adquirir para producir ciertos ritmos de salida, el número y capacidad de operarios requeridos, el sistema de producción a emplear y, desde luego, cómo debe disponerse la planta entera. Las hojas de ruta y la relación de materiales forman la principal base para la planeación futura. Veamos un pequeño ejemplo:

OPERACIONES						
N°	Descripción	Máquina	Equipo Auxiliar	T Montaje	Horas/pieza	Piezas/hora
10	Proceso de corte	Troqueladora		0.05	0.02	50 de 6
20	Recorte de secciones	Cortadora manual				500
30	Dobleces	Dobladora manual		0.02	0.002	285
40	Inspección				0.0035	580

Ilustración 33.
Hoja de Ruta

LAS 6 M'S

Cuando se analiza un proceso, se descubre que hay una serie de elementos coincidentes en todos, cada uno de los cuales no solo es necesario para que el proceso opere bien, sino además para que se logren los resultados esperados. Las 6 M's es el análisis de las siguientes variables:

- **Método:** Tiene que ver con la secuencia -el paso a paso- que se lleva a cabo durante el proceso. Es la forma en que se lleva a cabo el proceso. Si se hace de una forma diferente, se altera el resultado final.
- **Materiales:** Son los insumos que recibe el proceso para poder operar. Aquí se incluye la materia prima, la información, la energía y cualquier otro elemento que deba ser transformado y que provenga del exterior del proceso. Los proveedores son esenciales en este punto. Si el material cambia, se altera el resultado del proceso.
- **Mano de Obra:** Hace referencia a las personas que actúan en el proceso, que ejecutando el paso a paso operan las máquinas, utilizan los materiales y obtienen el producto final. Se incluye acá, también, las capacidades, actitudes, entrenamiento y experiencia de los trabajadores, así como el clima laboral, el tipo de liderazgo y demás. Si las acciones de las personas cambian, cambia el resultado final del proceso.
- **Máquinas:** Se refiere a la maquinaria, herramienta, edificio, vehículo y cualquier otro recurso que se utiliza varias veces en el proceso para obtener los resultados o productos. Si las máquinas funcionan mal o son mal operadas, se altera el resultado del proceso.
- **Medio ambiente:** Cada puesto de trabajo tiene unos elementos del entorno que afectan para bien o para mal las condiciones de las personas que operan el proceso. Estos factores o elementos del entorno son por ejemplo la temperatura, el ruido, humedad, etc. Si ellos no son favorables al trabajador, se verá afectado el resultado final del proceso.
- **Medición:** Todos los indicadores que tengan que ver con el proceso se tienen en consideración, como pueden ser los costos, los tiempos, los estándares.



1. METODOLOGÍA PARA LA CALIDAD
2. DEFINICIONES
3. PRINCIPIOS ABSOLUTOS DE LA CALIDAD DE CROSBY
 - 3.1. “DEFINICIÓN DE CALIDAD”
 - 3.2. “IMPLEMENTAR EL SISTEMA”
 - 3.3. “EL ESTÁNDAR DE REALIZACIÓN”
 - 3.4. “LA MEDICIÓN”
4. CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA NO CALIDAD
5. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CALIDAD
6. METODOLOGÍA DE CROSBY PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CALIDAD
 - 6.1. DEFINIR LA SITUACIÓN
 - 6.2. REMEDIAR TEMPORALMENTE
 - 6.3. IDENTIFICAR LA CAUSA RAÍZ
 - 6.4. TOMAR ACCIÓN CORRECTIVA DEFINITIV
 - 6.5. EVALUAR Y DAR SEGUIMIENTO
7. EVALUAR Y DAR SEGUIMIENTO
8. HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD
 - 8.1. HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS
 - 8.2. HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS
 - 8.3. HERRAMIENTAS ESPECIALES
9. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD
 - 9.1. GRÁFICOS DE CONTROL
 - 9.2. HABILIDAD DEL PROCESO
10. MUESTREO DE ACEPTACIÓN
11. KAIZEN (MEJORAMIENTO CONTINUO)

1. Metodología para la calidad

Mucho se ha escrito, hablado y discutido sobre este tema. Y no sólo en la actualidad. Este ha sido tema de discusión y hasta de confrontación entre productores y consumidores desde hace bastante tiempo. Algunos autores la consideran como un asunto estratégico, otros lo enfocan sólo como algo inherente al producto que ya no es diferenciador, otros lo ven como una moda (en el caso de la certificación ISO o el Six Sigma para muchas empresas), y otros autores sugieren que la calidad es relativa y su importancia radica en la percepción de los consumidores.

En esencia, hay dos aspectos mutuamente excluyentes que deben decidirse antes de emprender un programa de calidad:

- ¿Usted quiere producir artículos con calidad?, o
- ¿Usted quiere asegurar que sus productos entregados a los clientes sean de calidad?

La respuesta a estas dos preguntas dará la orientación que usted quiere darle a su empresa. O separa los productos buenos de los malos, o produce todos los artículos buenos, siempre.

La literatura cita un ejemplo que le sucedió a la Hewlett Packard en Estados Unidos. Cuando negociaba con un nuevo proveedor japonés, entraron en una discusión que estuvo a punto de dañar el negocio. El empleado de la HP insistía en que sólo aceptarían máximo el 3% de defectuosos y el proveedor japonés se negaba rotundamente a aceptar semejante exigencia. Al final cedió el proveedor en entregarle máximo tres equipos defectuosos y la HP le hizo un pedido inicial de 100 equipos.

Una semana después, en las instalaciones de la HP llegó el pedido, debidamente empacado y en el tiempo pactado. Lo sorprendente era un sobre que venía dirigido expresamente al Gerente de Operaciones. Cuando éste abrió dicho sobre, encontró la siguiente nota: “Mr. William. Reciba un respetuoso saludo. Le estamos enviando sus 100 equipos. Adicionalmente le estamos enviando los tres equipos defectuosos que ustedes exigían. No entendemos para qué los quieren, pero ahí se los enviamos”.

2. Definiciones

Vamos a empezar por elaborar una lista de definiciones que usualmente se emplean para el concepto de calidad:

- **Definiciones populares:** es la excelencia, es algo bueno, es algo hermoso.
- **Definiciones más técnicas:** conformidad del producto, producto sin margen de error, perfección
- **Definiciones específicas:** Aptitud de un producto o servicio para satisfacer una necesidad definida por el cliente, al mejor precio.

Obtener productos y servicios según las especificaciones, en la cantidad pactada, en el tiempo acordado y en el sitio requerido.

Esta última definición es muy similar a la dada para la filosofía industrial JAT, por lo que algunos autores como Schonberger sugieren que, en esencia, es lo mismo la calidad que el JAT.

Antes de aportar la definición que queremos manejar en este documento, le solicitamos que responda qué relación o diferencia encuentra entre la calidad y los conceptos siguientes:

- Calidad versus marca (¿la calidad está relacionada sólo con cierta empresa productora?)
- Calidad versus procedencia (¿la calidad depende del país de origen?)
- Calidad versus precio (¿lo barato siempre sale caro?)

FILOSOFÍA DE PHILIP CROSBY

La definición de la calidad que aporta este autor es simple: “Calidad es cumplir con los requisitos, siempre”

Autores como Crosby han aportado suficiente material de análisis para el tema que nos ocupa. Estos expositores enfocan el concepto de calidad total bajo los principios del mejoramiento continuo y la prevención.

Otros autores como Shewhart, Figenbaum, Juran y Deming, entre otros; aportaron las bases estadísticas de la calidad y hacen referencia al concepto de “aceptar o rechazar” la calidad obtenida. Enfatizan en los conceptos de muestreos de aceptación, inspecciones, pruebas, etc.

CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD (CTC)

En la metodología de Crosby, se habla de cuatro principios absolutos de la calidad. Con ellos garantizamos que siempre estaremos obteniendo productos acordes con lo que el cliente espera.

Control total de la calidad, quiere decir hacer las cosas bien desde la primera vez. Esto significa prepararse para un nuevo lote de producción o disponer de todos los recursos e insumos apropiados para prestar un servicio. CTC es innovar productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes, con el compromiso de todos los miembros de la empresa. El objetivo del CTC de la calidad es, entonces, producir bienes y prestar servicios a los niveles más económicos que satisfagan las necesidades de los clientes.

3. Principios absolutos de la calidad de Crosby⁶

PRIMER PRINCIPIO ABSOLUTO DE LA CALIDAD: “DEFINICIÓN DE CALIDAD”

Como vimos en la introducción del tema, hay varios conceptos sobre lo que significa la calidad. Todos tenemos una opinión sobre ella. Tal vez no sepamos que es calidad, pero la reconocemos cuando la vemos. Más que eso, todos hemos tenido algún problema que nos hace pensar en la calidad: un auto que no enciende por la mañana; una comida que no nos gustó en un restaurante; en la cuenta del celular aparecen llamadas que no hemos realizado; un colaborador grosero y con poco compromiso con la organización, entre otros.

Con base en estas experiencias, cada uno de nosotros hemos adoptado una propia definición sobre la calidad. Pero para mejorar la calidad, debemos definirla de manera que signifique lo mismo para todos. En el presente trabajo, “calidad se define como cumplir con los requisitos”. Cualquier producto, servicio o proceso que cumple con sus requisitos es un buen producto, servicio o proceso de calidad. Un producto, servicio o proceso, cumple o no cumple los requisitos. No es cuestión de opinión. Cumplir los requisitos es algo que puede observarse y medirse con facilidad. Cuando los requisitos no se cumplen, caemos en un “incumplimiento”, en una no – conformidad (según la norma ISO).

Cuando hablamos de requisitos:

- ¿Nos referimos a los atributos del cliente o a las especificaciones del productor?
- ¿Quién define los requisitos?

SEGUNDO PRINCIPIO ABSOLUTO DE LA CALIDAD: “IMPLEMENTAR EL SISTEMA”

Cuando empleamos la palabra “sistema”, nos referimos al modelo conceptual que se utiliza para ejecutar alguna acción y obtener un resultado, compuesto por una cantidad de elementos que interactúan, como lo discutimos al principio del documento. Podemos preguntarnos:

¿cómo podemos cumplir con los requisitos y hacer de la calidad una parte integral de nuestro trabajo?

⁶ Este apartado se construyó en su totalidad con base en la metodología de Philip Crosby.

Una forma de asegurarse de la calidad de nuestro proceso, producto o servicio es a través de la evaluación o la inspección. Como resultado de esta inspección tomamos una decisión: el producto cumple o no cumple los requisitos. Pero si la inspección sólo se usa para separar lo bueno de lo malo, seguiremos cometiendo los mismos errores una y otra vez; nunca mejoraremos. Para mejorar la calidad, necesitamos políticas y sistemas basados en el principio de la “prevención”. Más vale prevenir que remediar, reza el adagio popular. Pero, ¿qué queremos decir con “Prevenir?”. Prevención significa hacer que algo indeseable no ocurra. La prevención implica comunicar, planificar, probar y trabajar de tal manera que se eliminen las oportunidades de incumplimiento.

En nuestra vida cotidiana empleamos con frecuencia la prevención: llevamos el automóvil a mantenimiento periódico para prevenir reparaciones costosas y para mantenerlo en buen funcionamiento. Visitamos el médico para prevenir enfermedades y así mantener buena salud. Pero, sin embargo, en nuestro trabajo casi nunca empleamos la prevención. No pensamos en las consecuencias de nuestros errores. Si algo no sale bien, damos por supuesto que el problema se encontrará posteriormente en una inspección. No entendemos qué quieren nuestros clientes, o suponemos que no les importará si no se cumplen todos los requisitos.

TERCER PRINCIPIO ABSOLUTO DE LA CALIDAD: “EL ESTÁNDAR DE REALIZACIÓN”

Necesitamos un punto de referencia contra el cual podamos comparar nuestro desempeño. Este punto de referencia es lo que se conoce como estándar. Tenemos tres tipos de estándar: para la calidad, para los costos y para la programación. Esto significa que debemos interesarnos y comprometernos con el cumplimiento de los requisitos de calidad que pide el cliente, pero adicionalmente, debemos cumplir con los requisitos de presupuesto (costos) y los requisitos de tiempo (oportunidad).

Como lo veíamos en el primer capítulo, en ocasiones nos vemos forzados a tomar decisiones (hacer trueques) que nos hacen sacrificar la calidad de nuestro trabajo por cumplir con un objetivo de costo o de programación. Pero no tiene sentido dejar de cumplir los requisitos, pues estaríamos cayendo en incumplimientos. Debemos hacer un compromiso, tanto la organización como el personal que en ella participa. Necesitamos un estándar que todos entendamos. Este estándar es “cero defectos”.

Cero defectos es el compromiso para cumplir con “todos los requisitos” de nuestro trabajo “desde la primera vez y siempre”. Nuestro estándar es que el incumplimiento no es aceptable.

Pensemos en estas palabras de Philip Crosby (1994): “La gente se condiciona a creer que el error es inevitable. No sólo aceptamos el error, sino que lo anticipamos. Ya sea que estemos diseñando circuitos o programando una computadora, planeando un proyecto, soldando juntas, escribiendo una carta, terminando una cuenta del libro mayor o montando componentes, no nos molesta cometer algunos errores, y la Dirección planea que estos errores ocurran. Nosotros creemos que los seres humanos tenemos un factor de error innato. Sin embargo, no sustentamos el mismo criterio

cuando se trata de nuestra vida personal. Si lo hiciéramos, nos resignaríamos a que se nos diera de menos al cobrar nuestros cheques de nómina. Esperaríamos que las enfermeras de los hospitales dejaran caer al suelo a cierto porcentaje de los recién nacidos. No nos sorprendería dirigirnos periódicamente a una casa equivocada en lugar de la nuestra. Como individuos, no toleramos estas cosas. Así que tenemos un doble estándar – uno para nosotros y otro para la compañía”.

Adoptar la actitud de “cero defectos” significa deshacerse de este doble estándar, mediante el compromiso personal de no aceptar el incumplimiento. Esto se clarifica con dos ejemplos. No aceptamos que en nuestra nómina nos consignen menos de lo que nos deben pagar, pero sí aceptamos de vez en cuando que cometamos en nuestro trabajo algún error.

CUARTO PRINCIPIO ABSOLUTO DE LA CALIDAD: “LA MEDICIÓN”

En ocasiones decimos que “pagamos más por una mejor calidad”; decimos que “la calidad de tal producto es mejor que la calidad de tal otro producto”; calificamos la calidad como “alta o baja”; “buena o mala”. Algunos directivos aseguran que la calidad de sus productos “está de acuerdo con los estándares de la industria”. Ninguno de estos calificativos de la calidad, o criterios de evaluación indican si la calidad está mejorando o no. Son una opinión subjetiva de la apreciación del momento y tal vez de los gustos.

Se necesita una forma de medir la calidad que sea comprensible a todas luces al interior de la compañía y que pueda ayudar a dirigir los esfuerzos para mejorar. La atención debe darse en las áreas que necesitan mejorar y decidir qué aspectos necesitan atención inmediata. Esto es transparente para el cliente, pero inocultable dentro de la organización.

La calidad no puede ser un resultado estático, porque los mercados, los gustos y expectativas de los clientes son cambiantes. La calidad debe mejorar constantemente, debe mejorarse continuamente. Una vez que comenzamos el proceso de calidad, necesitamos tener un termómetro que nos indique cuánto estamos mejorando.

La mejor manera de medir la calidad es calcular lo que cuesta hacer las cosas mal. Esta medición se llama el precio del incumplimiento (PDI), o costos de la no – calidad (CNC). Las actividades que generan PDI (costos de la no – calidad CNC) pueden ser: Reprocesos, expeditación, servicio no planificado, repeticiones en la computadora, excesos de inventario, administración de quejas, tiempo improductivo, re-trabajos, devoluciones, garantías.

El PDI es el precio del desperdicio: se desperdicia tiempo, esfuerzo, material, y en general cualquier recurso o insumo debido a su mal uso. Es un precio que no se ve, por lo que algunos autores lo llaman los “costos ocultos de la calidad” porque nunca aparecen en los registros contables. Pero éste es un precio que no es necesario pagar, que puede reducirse a su mínima expresión.

4. Cálculo de los costos de la no calidad

¿Por qué medir la calidad? Como lo enunciamos anteriormente, necesitamos una medición de la calidad para lograr la atención de la Dirección, para dar prioridad a los problemas a fin de poder decidir dónde se necesita la acción correctiva y para saber hasta qué punto estamos alcanzando nuestros propósitos para mejorar. Esta medición nos debe decir cuánto nos cuesta (cuanto perdemos en dinero) si no mejoramos.

Como ya se habló, el precio de un producto o servicio lo constituyen tres: Utilidad, costo de producto y costo de la no calidad. Los costos del producto están representados por la materia prima, la mano de obra y los gastos generales de fabricación (según la contabilidad tradicional de costos) Podemos decir que estos son los costos “libres de error”. Igual podríamos calcularlos por el método de “costeo por actividades”. El costo de la no calidad, llamado también desperdicio, incluye todas las erogaciones ocultas de dinero en que se incurrieron por hacer las cosas mal. La información la podemos obtener de:

- Partidas contables —> Se obtiene los costos de los libros contables
- Precio por persona —> Costo de cada persona asignada al proceso
- Mano de obra asignada —> Costo del tiempo del personal asignado al proceso
- Precio por defecto —> Costo de cada producto defectuoso o rechazado
- Desviación de lo ideal —> Costo de la diferencia entre lo planeado y los resultados

El Precio del Cumplimiento, es lo que cuesta asegurar que las cosas se hagan bien desde la primera vez y siempre. Es el precio que pagamos para asegurar que nuestros procesos, productos o servicios cumplan con sus requisitos. Se contabiliza generalmente como gastos indirectos. Estos costos se forman por:

- Revisiones de órdenes de entrada
- Verificación de software
- Mantenimiento preventivo
- Pruebas
- Examinar productos
- Verificación de procedimientos
- Auditorías

La diferencia entre los “costos de la no calidad” y el “Precio del Cumplimiento” está en que este último se compone sólo de los gastos por actividades adicionales especiales, extras u opcionales, destinadas a verificar el cumplimiento de los requisitos y prevenir cualquier incumplimiento, mientras que el primero es lo que nos cuesta hacer las cosas mal.

El costo de la no calidad identifica el desperdicio, el costo oculto por hacer las cosas mal, el cual debe calcularse para elaborar el plan de mejoramiento. En cambio, los costos de operación (libres de error) o PDC, colabora con la “adición de valor” para el producto final, y está justificado para que se logre la generación de valor.

Cuando se menciona el concepto de “costo de no calidad”, surge un concepto paralelo, denominado “costos de la calidad”. El primero tiene que ver con el desperdicio, el segundo está más centrado en lo que hay que hacer para evitar algunos desperdicios o controlarlos.

Los costos de la calidad están relacionados con la anticipación a los problemas o fallos. Se presentan antes de iniciar un proceso, o durante el proceso, por lo tanto, están relacionados con costos que pueden ser controlables y que ayudan a evitar situaciones indeseables, por lo que se asocian más con inversión que con los costos propiamente dichos. Sus dos principales componentes son:

- **Costos de Prevención:** Son todas las acciones, herramientas y recursos que se utilizan antes del proceso con la finalidad de evitar o anticiparse a los fallos, a los errores, a los defectos. Se busca con ellos hacer que el proceso y los productos obtenidos estén apegados a las especificaciones y requerimientos.
- **Costos de Evaluación:** Hacen referencia a las acciones, herramientas y recursos que emplean durante la ejecución de un proceso para la búsqueda y detección temprana de errores, fallos y defectos que están sucediendo en el momento. El propósito es garantizar la conformidad de los productos y servicios.

La contraparte a lo explicado, se denomina costos de la no calidad o costos del desperdicio. De ellos ya se ha hablado en el sentido de que son procesos o productos que no cumplieron con lo esperado por el cliente y por lo tanto generaron pérdidas económicas para la empresa.

Este tipo de costos se considera no controlado, pues sucede cuando ya el resultado del proceso se dio y por tanto actúa después de y se podrían haber evitado. Se dan dos casos:

- **Costos por fallas internas:** El producto está elaborado, por lo tanto, las acciones, herramientas o recursos que se utilizan, están operando sobre el resultado para detectar errores, fallos o defectos antes de que el cliente reciba el producto. Estos costos se presentan en dos aspectos, la detección tardía y los reprocesos a que da lugar los hallazgos.

- **Costos por fallas externas:** El producto defectuoso, la falla o el error ya lo recibió el cliente. Se trata de las acciones, herramientas o recursos que se están utilizando para reparar, corregir o subsanar todos los problemas que se presenten como consecuencia de dichos incumplimientos. Los costos se dan en las garantías debido al incumplimiento, los costos de atender al cliente, los daños en la imagen, la pérdida del producto y todo daño colateral como consecuencia del error.

Los costos a que se hace mención acá no son necesariamente costos ocultos, pues cabe la posibilidad de que la empresa sea consciente de la existencia de ellos, pero que no los ha controlado o no le interesa gestionarlos porque atacarlos podría resultar ser más costoso que permitirlos.

5. Solución de problemas de calidad

Cuando se define el concepto de calidad, encontramos tantas definiciones como autores hay del tema. Igual sucede con las metodologías de control o de solución de problemas de calidad.

Un problema de calidad, como ya se explicó, hace referencia a una situación indeseable que sucedió, que está sucediendo o que puede suceder. Se entiende entonces, como la diferencia o la brecha que hay entre el resultado ideal y el resultado obtenido.

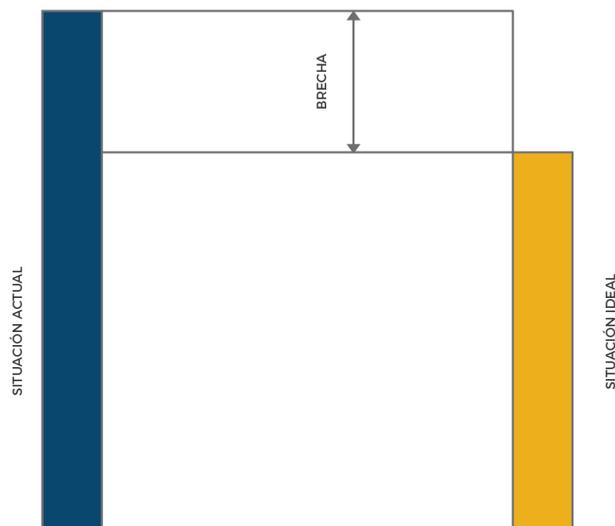


Ilustración 35.
Definición del problema de calidad

La situación ideal hace referencia a lo que se espera como resultado, a lo que se tenía planeado. La situación actual es la fotografía de la realidad, que habitualmente contiene elementos y características desfavorables que deben ser comprendidas y atacadas, para disminuir o eliminar la brecha entre las dos situaciones.

Se va a hacer mención de dos metodologías que resultan apropiadas para dar solución a un problema de calidad. La primera está basada en Crosby, la segunda se conoce como la Ruta de la Calidad.

6. Metodología de Crosby para solución de problemas de calidad⁷

Para dar solución a un problema de calidad, Philip Crosby aporta un modelo muy interesante, basado en cinco pasos. Todo comienza con lo que el autor denomina Modelo de Proceso, que en la gestión de calidad se asocia con la actividad de “caracterización del proceso”. Caracterizar un proceso significa comprender el paso a paso, sus insumos y proveedores, sus resultados y clientes, y todos los requisitos involucrados.

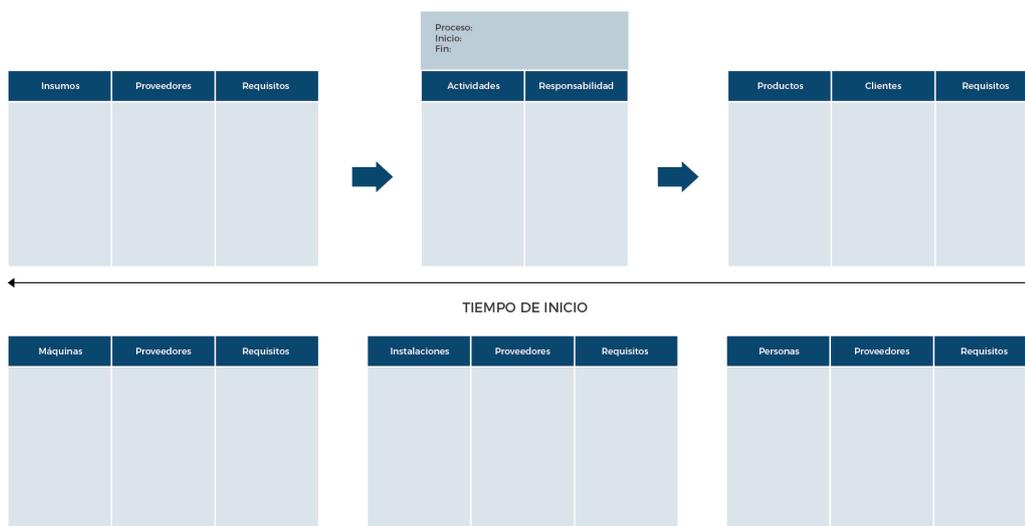


Ilustración 36.
Modelo de proceso
Fuente: Basado en Crosby

PASO 1. DEFINIR LA SITUACIÓN

Definir la situación es describir el problema de calidad que se está abordando. Lo que se pretende en este momento es comprender los eventos, los hechos, los sucesos, pero no pensar en términos de causas aparentes y soluciones posibles, sino más bien en los síntomas, en las manifestaciones comprensibles del problema. La metodología sugiere hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el problema?
- ¿Cuándo se presenta el problema?
- ¿Con qué frecuencia se presenta el problema?
- ¿En qué parte del proceso se observó el problema?
- ¿Cuál es el alcance potencial del problema?
- ¿Qué consecuencias se visualizan a futuro?
- ¿Cuánto está costando el problema?

⁷ Este apartado se construyó en su totalidad con base en la metodología de Philip Crosby

Al final, en una pequeña frase, se sintetizan los hallazgos, con lo cual estamos en presencia de un problema de calidad comprensible. La idea es determinar el problema y su alcance, en términos de hechos y datos. Esto significa, describir qué está pasando o puede pasar (hechos) y qué cifras apoyan nuestras afirmaciones (datos): cifras veraces, detalles específicos, porcentaje de ocurrencia, costos involucrados, efectos negativos potenciales.

PASO 2. REMEDIAR TEMPORALMENTE

Un remedio temporal significa la implementación de una solución de emergencia con la finalidad de reducir el impacto perjudicial del problema a futuro, para que no siga ocurriendo o para controlar los efectos negativos. No se trata de encontrar una solución definitiva, ni una solución económicamente viable, lo que se busca en hallar algún mecanismo que evite que el problema se siga presentando, o que las consecuencias negativas hacia el cliente se controlen.

La solución temporal o transitoria más usual, es hacer una inspección al 100% de los productos antes de ser despachados. Otra sería una capacitación o reentrenamiento inmediato.

PASO 3. IDENTIFICAR LA CAUSA RAÍZ

Si no se conoce qué es lo que está originando el problema, éste se seguirá presentando con las consecuencias negativas que implique. Encontrar la causa raíz significa llegar hasta el origen primero que provoca el problema. Para ello, se debe obtener suficiente información adicional acerca del incumplimiento específico, o sea, de la falla, defecto o error. La planificación de esta recolección de información se inicia con las siguientes preguntas:

- ¿Qué proceso se va a medir?
- ¿Cuáles requisitos se van a medir?
- ¿Quién recolectará los datos?
- ¿Quién será responsable de tomar acción?
- ¿Cuándo comenzó?
- ¿Por cuánto tiempo ha estado sucediendo?
- ¿Qué cambió en el proceso en el momento en que surgió el problema?
- ¿La dimensión del problema ha sido la misma? ¿Ha aumentado o disminuido?
- ¿Cuál es la diferencia entre una situación que cumple con los requisitos y una que no cumple?

Con la respuesta a estas preguntas, procedemos al análisis de los datos, para lo cual se pueden usar diferentes herramientas, como el diagrama de espina de pescado, el diagrama de Pareto, el diagrama de afinidad, el diagrama de relaciones, la técnica de los cinco por qué, la técnica de la 5W y 1H, entre otras.

Cuando tenemos la lista de causas y una de ellas como sospechosa, se procede a elaborar una hipótesis. La construcción de la hipótesis, busca que en una frase muy concreta se enlace la supuesta causa raíz con el efecto indeseable. La lógica de la construcción de la hipótesis sería: “debido a (causa) puede ocurrir (problema) lo que conlleva a (efecto negativo)”.

La hipótesis debe ser comprobada, lo que quiere decir que es necesario demostrar que la causa raíz que se ha seleccionado, es la razón por la cual se presenta el problema y todos los consecuentes efectos negativos. La demostración de la hipótesis implica experimentación a través de pruebas lógicas o físicas que permitan concluir, sin lugar a dudas, que la causa seleccionada es la que está dando origen al problema. Puede suceder una de tres cosas:

- **La información no es suficiente.** En este caso, es necesario recabar más información que nos permita hacer los experimentos y el respectivo análisis.
- **No encontramos la causa raíz.** Lo que sigue, en este caso, es volver a la lista de causas iniciales y elaborar una segunda hipótesis. No encontrar la causa raíz a la primer no es una gran dificultad en sí misma, debe mirarse como un aprendizaje sobre el proceso.
- **Hallamos la causa raíz.** Obviamente podemos estar seguros, en este caso, que al eliminar o controlar dicha causa, el problema debe quedar solucionado.

PASO 4. TOMAR ACCIÓN CORRECTIVA DEFINITIVA

El propósito es eliminar la causa raíz y cambiar el proceso, de manera tal que el problema nunca se vuelva a presentar debido a esa causa detectada. Aunque suene redundante, sin eliminar la causa, el problema se seguirá presentando.

La planeación de la acción correctiva se inicia con la definición del criterio de resolución, lo que significa especificamos los elementos que nos aseguran que el problema quedó resuelto. Implica, además, llevar a cabo los siguientes pasos:

- Establecer una fecha para que el problema esté resuelto
- Encontrar la lista de acciones posibles a desarrollar
- Seleccionar de la lista las acciones correctivas pertinentes
- Probar las acciones para validar su impacto
- Proporcionar los recursos necesarios para implementar las acciones
- Llevar a cabo los cambios pertinentes
- Implementar las acciones en el proceso a toda escala
- Vigilar el progreso y los resultados del proceso modificado
- Documentar la acción correctiva y volver permanentes los cambios

PASO 5. EVALUAR Y DAR SEGUIMIENTO

Debemos asegurar que el problema se eliminó de forma definitiva. Para garantizar este propósito, debemos tener evidencia de que el problema no se volvió a presentar, o sea, que el criterio de resolución se ha cumplido. Los pasos a seguir, serían:

- Examinar el remedio temporal
- Recolectar y analizar los datos
- Cumplir el criterio de resolución
- Asegurar que la acción correctiva está implementada
- Formalizar el cierre

7. La ruta de la calidad para solución de problemas

Edward Deming en su libro *Calidad, Productividad y Competitividad*, la salida de la crisis, propone una filosofía basada en 14 puntos. “(..) No es suficiente con tan solo resolver problemas, grandes o pequeños. La adopción y la actuación sobre los 14 puntos es una señal de que la dirección tiene la intención de permanecer en el negocio y apunta a proteger a los inversores y los puesto de trabajo (...)” (Deming, pág. 19).

Para lograr la transformación empresarial hacia la filosofía propuesta, es necesario establecer un plan que permita la ejecución de los 14 puntos, con los cuales se combaten las enfermedades mortales y los obstáculos que impiden el crecimiento y sostenibilidad de dichas empresas. En el punto 14, Deming hace alusión a un procedimiento valiosísimo, que según reconoce lo aprendió de su profesor Shewhart. A este punto se le conoce como Ciclo PHVA, Ciclo de Deming, Ciclo del Mejoramiento, Ciclo de la Calidad o Ciclo de Shewhart.

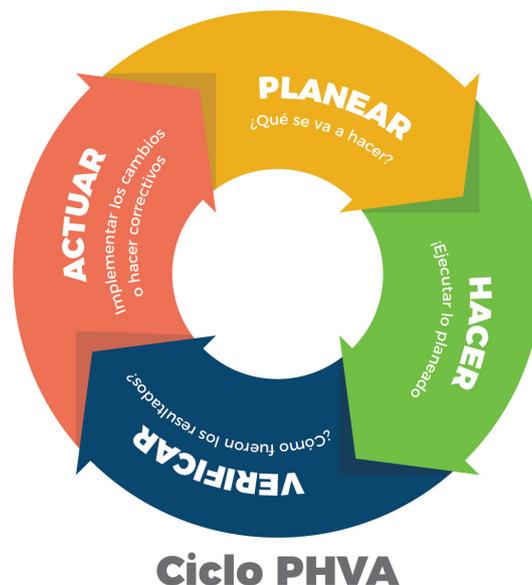


Ilustración 37.
Ciclo de la Calidad
Fuente: Basado en Deming

Es un ciclo continuo, por lo tanto, tiene un comienzo, pero luego a partir de allí se repite indefinidamente. Los componentes del ciclo son la planeación, la ejecución, la verificación y el mejoramiento:

- **Planear (P):** Se debe estructurar completa y detalladamente el proceso. Planear quiere decir establecer resultados esperados, los pasos, los requerimientos, los insumos, los responsables, los recursos que se necesitan para lograr los resultados. Cuando se trata de un procedimiento, se usa la frase “escriba lo que hace”
- **Hacer (H):** Una vez se tiene definido el plan de lo que se espera del proceso, se hace necesario que todo se ejecute conforme al plan. La capacitación y el entrenamiento son partes esenciales de este componente del ciclo.
- **Verificar (V):** Para asegurarse de que todo lo que se planeó se está ejecutando como debe ser y que se están alcanzando los resultados previstos, se hace necesario un seguimiento pormenorizado. Acá se descubren elementos que no se hacen de acuerdo al plan, o se descubren situaciones que nunca se consideraron en la planeación.
- **Actuar (A):** Las situaciones no previstas en el plan, o los errores que se detectan en el seguimiento, deben corregirse. Esto implica dos cosas, primero corregir lo que salió mal, segundo tomar acciones correctivas para evitar que dichas situaciones se sigan presentando.

Detrás de esta lógica, surge una nueva metodología de solución de problemas, denominada la Ruta de la Calidad (Kume, 2007).

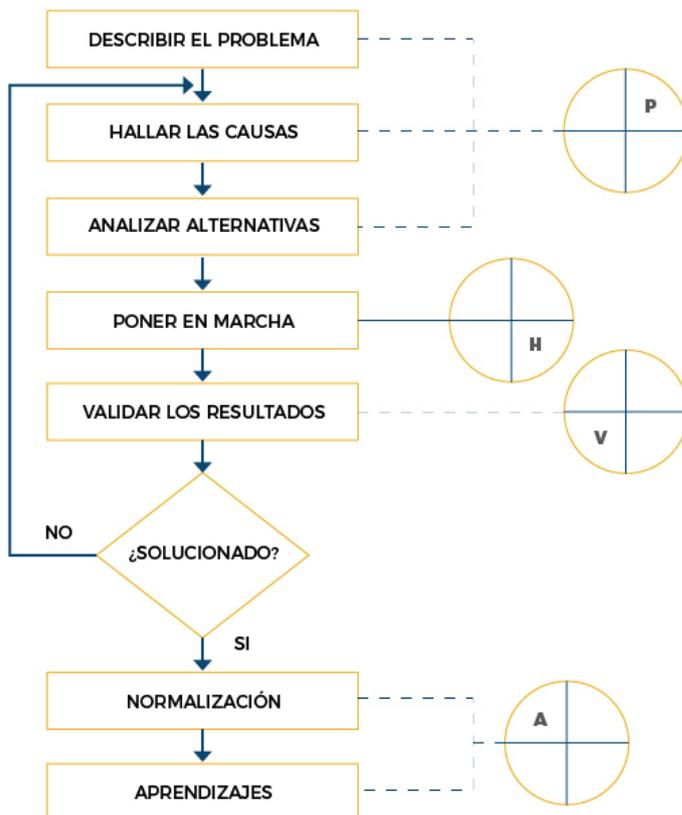


Ilustración 38.
 Ruta de la Calidad
Fuente: Elaboración propia basado en
 Hitoshi Kumi

- **Describir el problema:** Se dan los hechos y los datos que permiten comprender qué está pasando, sus consecuencias actuales y potenciales.
- **Hallar las causas:** Se busca encontrar la causa raíz que da origen al problema, con el cual se construye una hipótesis que debe ser validada.
- **Analizar alternativas:** Para eliminar la causa raíz del problema, se elabora una lista de alternativas, las cuales se evalúan con la matriz de decisión.
- **Poner en marcha:** La implementación de la alternativa seleccionada implica la planeación de la puesta en marcha, en forma de proyecto.
- **Validación de los resultados:** Es necesario evidenciar con hechos tangibles y medibles que la solución implementada fue eficaz.
- **Normalización:** Cuando se determina la validez de la alternativa, el proceso se documenta y regula la solución definitiva.
- **Aprendizajes:** Del proceso de análisis del problema y su solución, se dejan lecciones aprendidas que son útiles para otros nuevos análisis.

El análisis al diagrama de bloques que se muestra arriba, nos permite observar que la metodología es muy similar a la planteada por Crosby, con algunas diferencias sustanciales:

Metodología de Crosby	Ruta de la Calidad
No se evidencia el mejoramiento como un ciclo.	Se basa en un proceso cíclico denominado PHVA.
Detiene los efectos del problema a través de un remedio temporal.	No hay evidencia de propuestas que ralenticen los efectos indeseables.
Se establece un criterio que determina que el problema se solucionó.	El criterio de solución para el problema depende de quién aplique la metodología.
Se hace un cierre al análisis documentando lo que se hizo y los resultados obtenidos.	Se deja evidencia de los aprendizajes para ser aplicados a otros problemas.

Tabla 14.
Comparación de los modelos de solución de problemas de calidad

Tanto la metodología de Crosby como la Ruta de la Calidad, se apoyan en diferentes herramientas de la calidad, algunas de las cuales se describen seguidamente.

8. Herramientas de la calidad

Las diferentes metodologías de calidad, -algunas de éstas no se abordarán en el presente trabajo- han desarrollado y compilado una serie de mecanismos, herramientas y pasos que ayudan al proceso de la solución de los problemas de calidad. Cada herramienta tiene un uso para el que fue diseñada, pero en algunos casos puede ser útil en otros contextos. Independiente de la metodología a aplicar, todas las herramientas tienen validez. En una visión bastante interesante sobre la aplicación de las herramientas de calidad para la mejora continua, el señor Héctor Fomento hace una división de dichas herramientas en tres categorías:

Categoría	Descripción	Herramientas
Estado de control	Control de procesos, donde se establecen límites dentro de una variación definida y garantizable	Control Estadístico del Proceso CEP
Mejora reactiva	La evidencia basada en datos disponibles muestra la necesidad de mejorar los procesos y sus resultados	Herramientas Estadísticas de la Calidad Q7
Mejora proactiva	Hay varios cursos de acción posibles, con información escasa o incierta para enfrentar situaciones desafiantes, nuevos paradigmas	Herramientas Administrativas de la Calidad M7

Tabla 15.
Herramientas en la mejora continua
Fuente: Adaptado de Fomento, Héctor.
Mejora continua total

HERRAMIENTAS ADMINISTRATIVAS

El análisis práctico de los datos recopilados sin el uso de conocimientos específicos en estadística, es la idea subyacente de las herramientas administrativas. Su propósito es permitir que las personas que están involucradas en el proceso, puedan hacer aportes fundamentales al análisis y solución de problemas sin requerirse estudios avanzados.

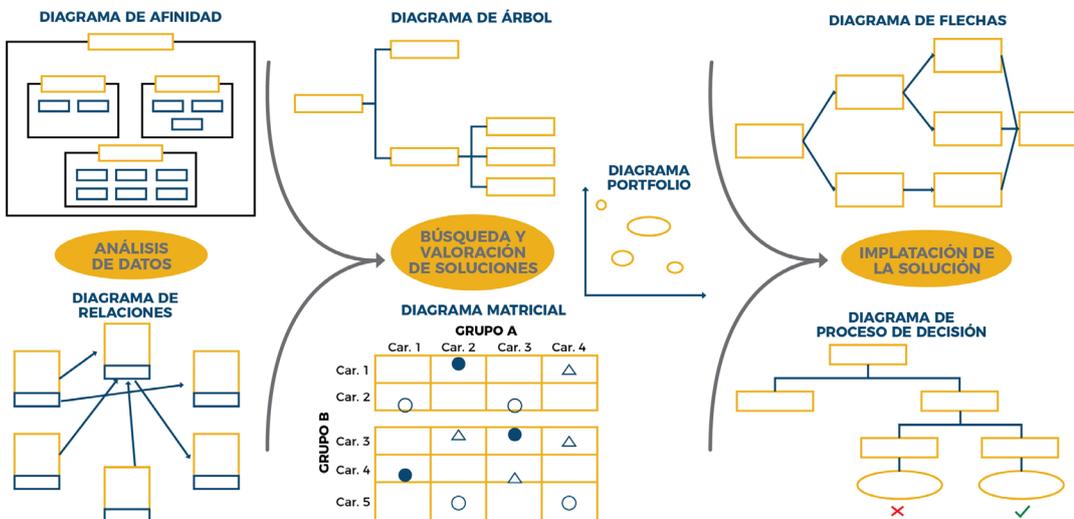


Ilustración 39.
Herramientas Administrativas de Calidad
Fuente: <https://portafolio-rita.weebly.com>

La característica importante de estas herramientas está en que se basa en poca información numérica para resolver problemas complejos, ya que ésta no siempre está disponible.

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Se denominan como técnicas gráficas de calidad, debido a que se sustentan especialmente en información numérica sobre los resultados de los procesos. Su uso fundamental está en la solución de problemas de calidad, de los cuales ya se habló antes. Cuando se mide un proceso, antes, durante o después, se obtiene una información valiosa sobre la calidad del proceso y del producto. Estas herramientas, al permitir hacer estas mediciones y con ellas obtener información de los resultados, nos permite igualmente abordar los problemas que se van presentando, o proponer mejoras en los mismos.

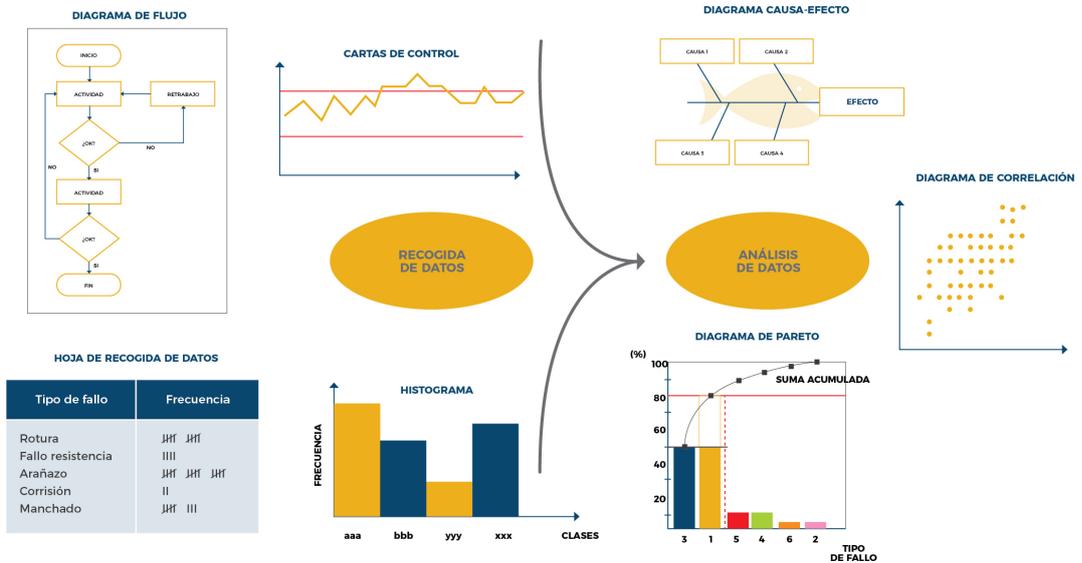


Ilustración 40. Herramientas Estadísticas de Calidad
 Fuente: <https://portafolio-rita.weebly.com>

HERRAMIENTAS ESPECIALES

Bajo este nombre, se quiere agrupar otro grupo de herramientas que apoyan la calidad, tanto en la prevención, como en el seguimiento, control y evaluación. No se consideran un grupo de herramientas como tal, sino que son una serie de metodologías que en su conjunto sirven para apoyar toda la actividad de calidad que interesa a las empresas.



Ilustración 41.
Otras Herramientas de Calidad
Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de Google

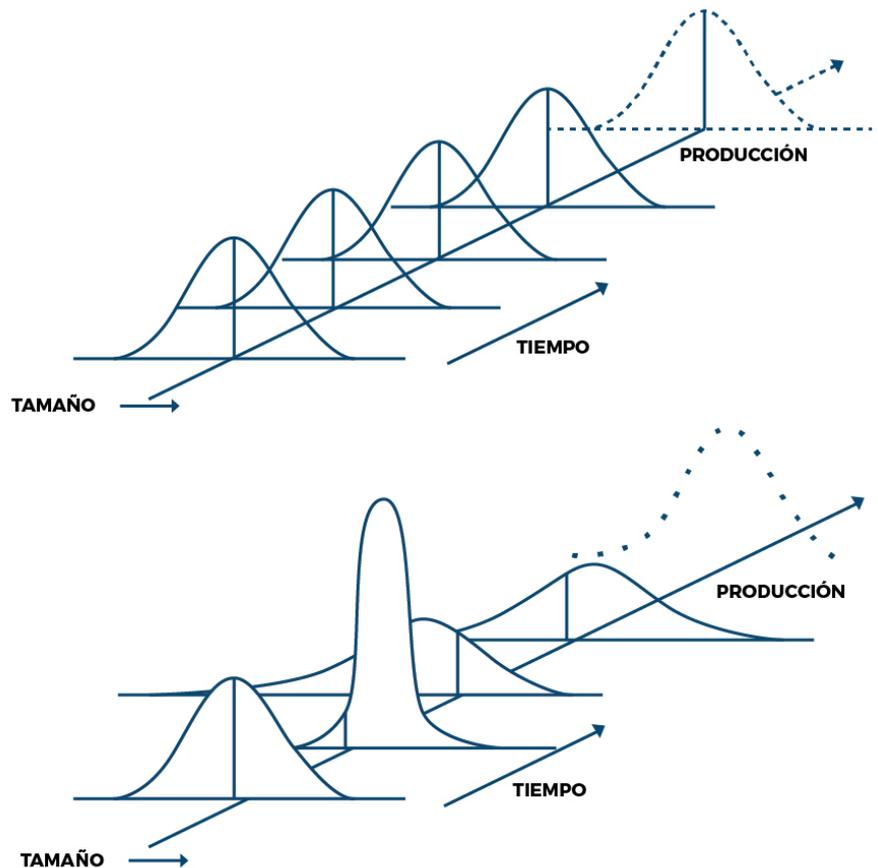
9. Control estadístico de la calidad

Para comprender el significado del Control Estadístico del Proceso CEP, debemos partir de algunas premisas y relaciones esenciales:

- Las fallas y defectos de fabricación son causadas, no espontáneas o accidentales.
- Prevenir las fallas es posible y menos costoso que corregir los errores y problemas.
- El desempeño, o los resultados de la calidad, pueden medirse.

Cumplir los requisitos de un cliente es una meta clave en cualquier empresa. Si los requisitos se cumplen siempre, si el producto está dentro de los parámetros establecidos, se dice que el producto está estandarizado y que el proceso es estable. Pero esto no siempre sucede.

“Los procesos siempre tienen variación, ya que en él intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M’s: materiales, maquinaria, medición, mano de obra (gente), métodos y medio ambiente. Bajo condiciones normales o comunes de trabajo todas las M’s aportan variación a las variables de salida del proceso, en forma natural o inherente, pero además pueden aportar variaciones especiales o fuera de lo común, ya que a través del tiempo las 6M’s son susceptibles de cambios, desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, etcétera. Así, hay dos tipos de variabilidad: debida a causas comunes y a causas especiales o atribuibles. Resulta fundamental distinguir en forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas en cada caso” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007).



Precisamente, se puede afirmar que el enemigo de la calidad es la variabilidad. Cuando hay variación en el proceso, el resultado final es impredecible, o sea, nunca será consistente. Esa falta de consistencia, hará que cada vez el producto obtenido sea diferente, lo que significa que la calidad del producto no será confiable y no cumplirá con los requisitos.

“La variación por causas comunes (o por azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; la aportan en forma natural las actuales condiciones de las 6M’s. Esta variación es inherente a las actuales características del proceso y es resultado de la acumulación y combinación de diferentes causas que son difíciles de identificar y eliminar, debido a que son inherentes al sistema y porque la contribución individual de cada causa es pequeña; no obstante representan a largo plazo la mayor oportunidad de mejora” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007).

Por otro lado, Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2007), afirman que “La variación por causas especiales (o atribuibles) es causada por situaciones o circunstancias especiales que no son permanentes en el proceso”. Más adelante, agregan que “Un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico (o su variación a través del tiempo es estable)” y agregan que no importa que tan grande sea esa variación, el resultado del proceso siempre será predecible en el futuro inmediato.

“Un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que está fuera de control estadístico (o simplemente que es inestable). Este tipo de procesos son impredecibles sobre el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer de nuevo esas situaciones que tienen un efecto especial sobre la tendencia central o sobre la variabilidad” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007).

Para tratar de cumplir siempre los requisitos del cliente, se utiliza la herramienta denominada Control Estadístico del Proceso (CEP), el consiste en una metodología que identifica la variación de un proceso, lo vigila antes y mientras se ejecuta, y da aviso sobre la necesidad de tomar acciones correctivas. Se puede afirmar que aplicar CEP es una medida preventiva, cuyo costo puede calificarse como costo de prevención.

La implementación del CEP se puede observar en la siguiente ilustración, en la cual se utiliza el ciclo PHVA como referencia para la aplicación de las herramientas propias de la metodología, como son los gráficos de control y el cálculo de la habilidad del proceso⁸.

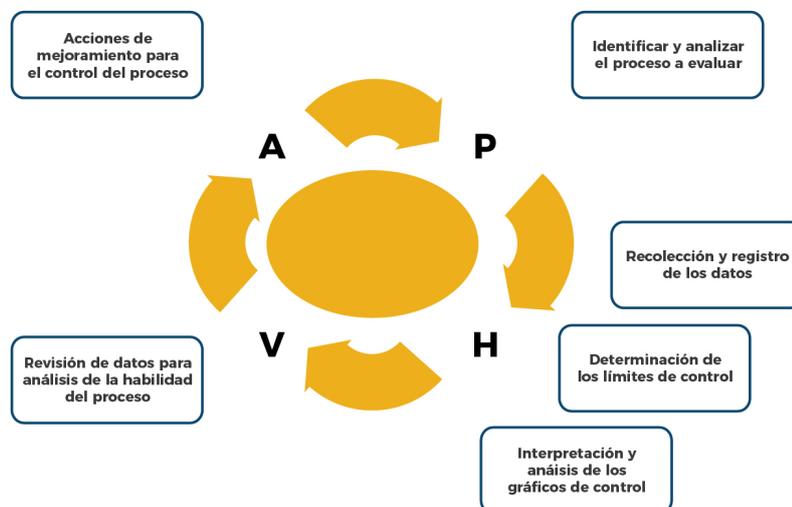


Ilustración 43.
Metodología de implementación del CEP

⁸ Usualmente el término que se emplea en calidad es el de “capacidad del proceso”, pero acá se denominará “habilidad del proceso” con la finalidad de diferenciarlo de un concepto que se estudiará en el siguiente capítulo, y que hace referencia a la velocidad de producción.

GRÁFICOS DE CONTROL

Hitoshi Kume (2007) define los gráficos de control como: “...consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control”.

Por su parte, Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2007), proponen que “El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora”.

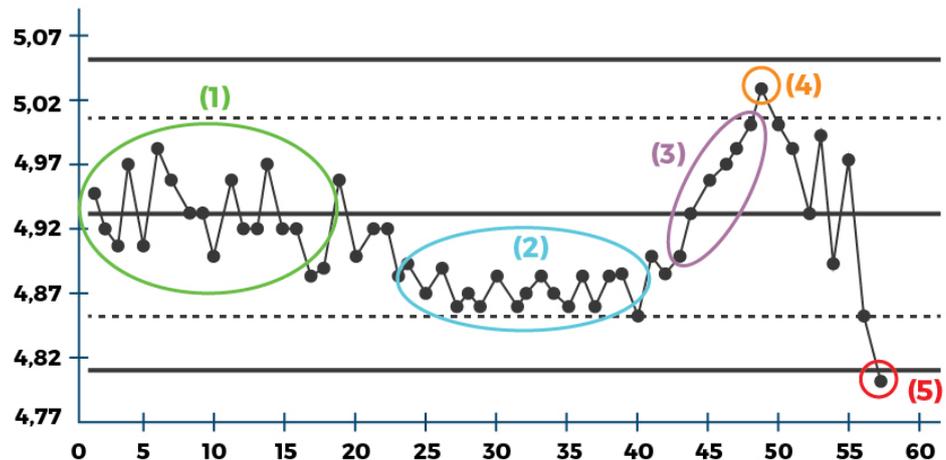


Ilustración 44. Gráfico de control
Fuente: www.titrivin.com

La línea central LC y los límites de control superior LCS y límite de control inferior LCI se calculan con base en la estadística, aplicando esencialmente el siguiente principio:

$$\begin{aligned} LC &= \mu_c \\ LCI &= \mu_c - 3\sigma_c \\ LCS &= \mu_c + 3\sigma_c \end{aligned}$$

La idea subyacente en el gráfico es la de medir y controlar características especiales del proceso, en relación con los resultados que se esperan para el producto, como son por ejemplo dimensiones, peso, cantidad, volumen, etc. Partiendo de este gráfico se han desarrollado otra serie de cartas de control que tienen propósitos distintos, bien sea medir atributos o medir variables, o medir proporciones:

GRÁFICO	DESCRIPCIÓN
X - R	Valor promedio y rango
X	Variable de medid
pn	Número de unidades defectuosas
p	Fracción de unidades defectuosas
c	Número de defectos
u	Número de defectos por unidad

Ilustración 45.
Tipos de Gráficos de Control
Fuente: Basado en Hitoshi Kume

HABILIDAD DEL PROCESO

Cuando se define un requisito de una característica de calidad, se establece un valor determinado, al que se le denomina “especificación”. Una especificación es, entonces, un atributo tangible que es fácilmente identificable que determina alguna cualidad de un producto con los detalles para su fabricación. Cuando se menciona en plural, las especificaciones se refieren al conjunto de características del producto.

El concepto de tolerancia hace referencia a la cantidad total que se permite variar alguna característica en la fabricación de un producto respecto a la dimensión ideal. Se establece, por lo regular, en términos de máximo y de mínimo permitidos. Ejemplo de esto en la fabricación, sería: el espesor de una pieza, y en el caso de los servicios: el margen del tiempo de atención. La tolerancia hace parte de la especificación.

Para determinar si un producto cumple o no con las especificaciones, las empresas pueden hacer mediciones de los resultados y en un histograma comparar dichos resultados contra las especificaciones. Algo similar podría hacerse con un gráfico de control. Surge entonces la pregunta, ¿es posible siempre cumplir con las especificaciones? Es precisamente este el concepto de “habilidad del proceso”.

“Los procesos tienen variables de salida o de repuesta que deben cumplir por lo general con ciertas especificaciones para así considerar que el proceso funciona de manera satisfactoria. Evaluar la capacidad o habilidad de un proceso es analizar qué tan bien sus variables de salida cumplen con las especificaciones” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007).

La forma más usual de medir la habilidad del proceso es con el denominado índice C_p :

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

LEI: Límite de especificación inferior
 LES: Límite de especificación superior
 σ : Desviación estándar del proceso

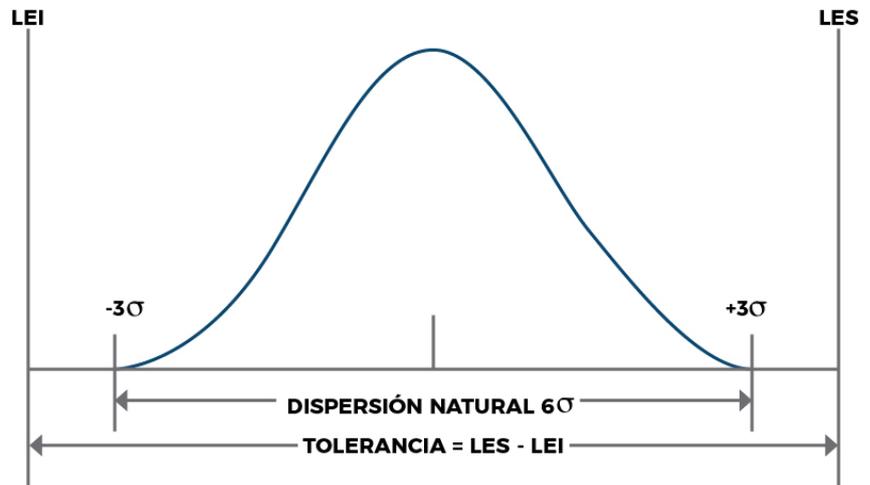


GRÁFICO DEL CP

ICP	DECISIÓN
$ICP > 1,33$	Más que adecuado
$1 < ICP < 1,33$	Adecuado para lo que fue diseñado
$0,67 < ICP < 1$	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial

INTERPRETACIÓN DEL CP

Ilustración 46. Habilidad del Proceso
 Fuente: Basado en Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar

10. Muestreo de aceptación

Se ha dicho en reiteradas ocasiones que, en calidad, es mejor la prevención que el control. Herramientas como los gráficos de control, los histogramas, los índices de capacidad, pretenden mostrar problemas de calidad durante el proceso, lo que permite solucionarlos para evitar defectos, errores, fallas.

Hay ocasiones en que, por diferentes razones, es necesario hacer una evaluación de la calidad después de que el producto ha sido elaborado, pero no a un producto

individual, sino a todo el lote. Esto es bastante frecuente cuando se trata de evaluar la calidad de una materia prima, por ejemplo, en la cual se debe realizar un análisis que permita decidir si el lote puede aceptarse. Hay tres alternativas: aceptar el lote sin inspeccionar, inspeccionarlo al 100%, o aplicar un plan de muestreo.

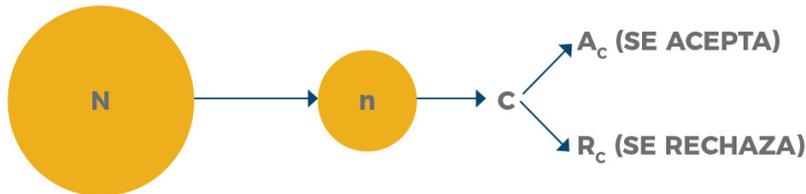


Ilustración 47. Muestreo
Fuente: <http://www.qualimet.cl>

“El muestreo de aceptación es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2007).

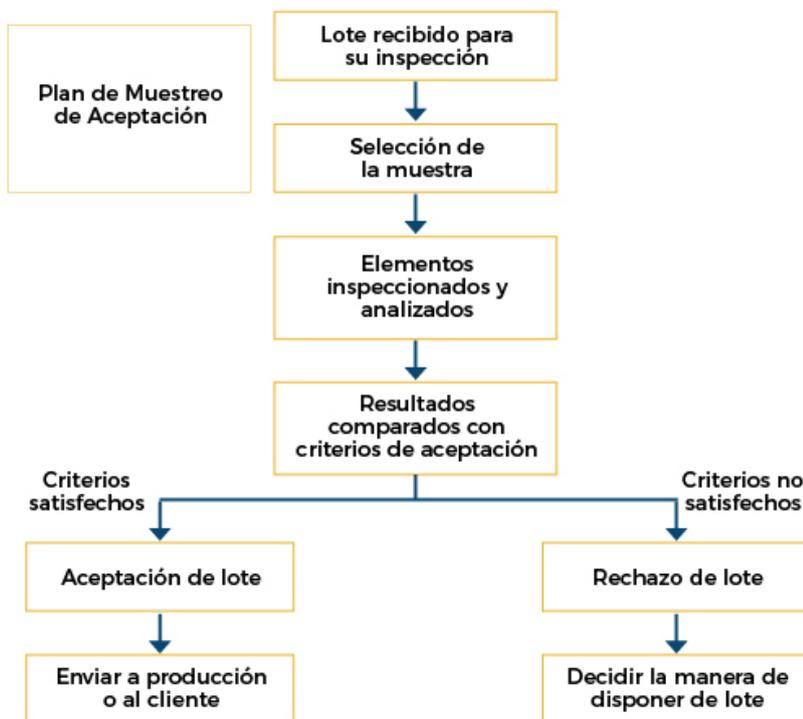


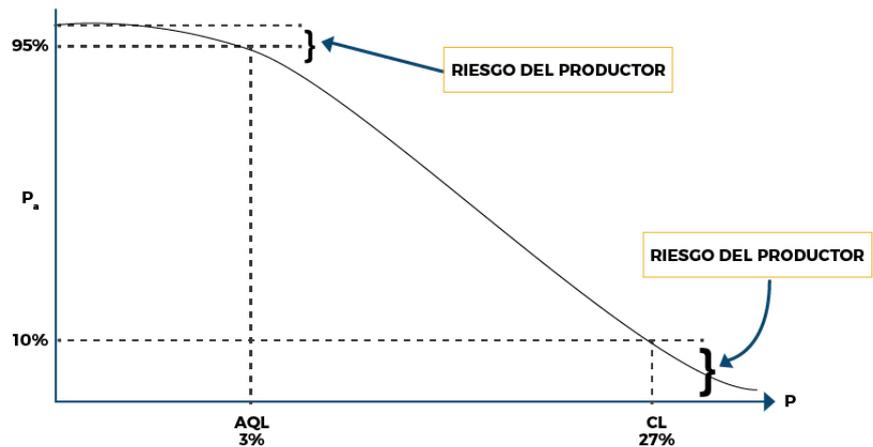
Ilustración 48. Plan de Muestreo de Aceptación
Fuente: Basado en Basado en Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar

Una de las aplicaciones importantes en que se justifica aplicar esta técnica, la explican Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar (2007), así: “El muestreo de aceptación se puede aplicar en cualquier relación cliente – proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas y se puede ver como una medida defensiva para protegerse contra la amenaza del posible deterioro en la calidad”.

Se consideran dos niveles de calidad. El primero es el nivel que acepta el consumidor, denominado AQL o nivel de calidad aceptable, y es éste el que corresponde con la especificación de calidad que se pacta en los contratos, expresado en porcentajes. Aunque el productor quiere cumplir con estas especificaciones, existe el riesgo de que el plan de muestreo utilizado rechace un lote que realmente sí cumplía. A este se le conoce como el riesgo tipo I, o del productor, quien realmente no quisiera que el cliente le rechazara un lote bueno. Generalmente se estima en un 5%.

El segundo nivel de calidad se denomina la proporción defectuosa tolerable en el lote (LTPD) o calidad límite CL, que corresponde al peor nivel de calidad que el cliente puede tolerar, o sea, es la mala calidad que el cliente desearía rechazar. El cliente al recibir un lote de su proveedor un lote de materiales, no desearía que pase a producción un lote malo, pues afectaría el proceso productivo. Se conoce como el riesgo tipo II ó del consumidor, y se entiende como la probabilidad de aceptar un lote que realmente tiene mala calidad, y se estima máximo en 10%.

Ilustración 49. Curva característica de operación con los riesgos I y II
Fuente: www.mindmeister.com



Muestreo por variables: Cuando a cada unidad de la muestra se le mide una característica de calidad de tipo continuo.

Muestreo por atributos: Cuando cada artículo de la muestra se clasifica en una categoría de aceptación o rechazo.

11. Kaizen (mejoramiento continuo)

Entendemos un proceso como una serie de pasos ordenados que, al realizarse de forma paulatina, van agregando valor hasta obtener el producto o servicio final. El resultado final de un proceso es un producto terminado o un servicio prestado.

Pero no es solo eso. Albert Einstein decía que “no hay peor signo de locura que hacer las cosas de la misma manera, esperando resultados diferentes”. Esta expresión puede decirse de otra forma: Si hago las cosas de la misma manera, el resultado siempre será el mismo.

Entendemos un proceso como una serie de pasos ordenados que, al realizarse de forma paulatina, van agregando valor hasta obtener el producto o servicio final. El resultado final de un proceso es un producto terminado o un servicio prestado.

Pero no es solo eso. Albert Einstein decía que “no hay peor signo de locura que hacer las cosas de la misma manera, esperando resultados diferentes”. Esta expresión puede decirse de otra forma: Si hago las cosas de la misma manera, el resultado siempre será el mismo.

Este concepto está relacionado con la normalización y estandarización de un proceso. En la práctica, significa que siempre vamos a llegar a un resultado más o menos determinado si las cosas las hacemos siempre igual, o sea, aplicando las 6 M: Con el mismo método, los mismos materiales, las mismas máquinas, las mismas personas, el mismo medio ambiente, las mismas mediciones, llegamos al mismo resultado.

Pero este resultado, este efecto, no siempre es el mejor. Se dice, en la teoría de los procesos, que siempre hay una mejor forma de hacer las cosas. Que no sepamos cuál sea esa otra mejor forma, es una cosa, pero que puede hacerse mejor, siempre será posible.

El mejoramiento continuo, desde el punto de vista de la calidad en la metodología del Lean Manufacturing, significa que no debería pasar un solo día sin que encontremos una mejor forma de hacer las cosas. A esto es a lo que se le llama Kaizen. La palabra japonesa tiene el significado de hacer de una forma superior las cosas, para llegar a un efecto, a un resultado también superior al que se tenía antes.

Kaizen significa que hay que solucionar los problemas inmediatamente cuando se presenten, siguiendo una metodología, pero también significa que siempre habrá algo que puede pensarse mejor para que los siguientes resultados sean superados. La filosofía del kaizen implica que debe haber constantemente una forma estructurada de abordar los problemas, y una forma razonada de “crear” o encontrar oportunidades de mejoramiento.

Cuando se mencionó el ciclo PHVA, también se hace referencia al kaizen, dado que este principio de Deming, más los otros principios, dan la estructura y el razonamiento para abordar el mejoramiento de cualquier proceso. Mejorar un proceso, en últimas, aplicando Kaizen, significa que ese proceso será más productivo.

Las herramientas que se utilizan en el mejoramiento continuo, según (Agudelo Tobón & Escobar Bolívar, 2007) son:

- Principios de Deming
- Herramientas de modernización de Harrington
- La Ruta de la Calidad
- Herramientas Estadísticas de la Calidad

Para planificar el mejoramiento continuo, se debe pensar en tres métricas fundamentales: dónde estamos, a dónde queremos llegar, en cuánto tiempo lo queremos lograr. Estas tres métricas nos llevan a establecer los tiempos del plan, luego se establecen las acciones. En un ejemplo numérico, podemos establecer lo siguiente:

- Situación A (actual): El proceso se lleva a cabo con 10 kg
- Situación B (deseada): El proceso debería demandar como meta, 8 kg
- Tiempo T (plan): 6 meses

El plan sería, a considerando el plazo en semanas, lograr reducir en 26 semanas, el consumo de material de 10 kg a 8 kg.

Esto significa que cada semana hay que hacer una reducción, así:

- Semana 1: $(10 \text{ kg} - 8 \text{ kg}) / 2 = 1 \text{ kg}$
- Semana 2: $(9 \text{ kg} - 8 \text{ kg}) / 2 = 0.5 \text{ kg}$
- Semana 3: $(8.5 \text{ kg} - 8 \text{ kg}) / 2 = 0.25 \text{ kg}$



1. COSTOS DE PRODUCCIÓN
2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Iván Gómez Gómez
Jorge Brito Aguilar
Giuseppe Vanoni Martínez
Martha Guerrero Carrasco

1. Costos de producción

A los egresos monetarios en que una empresa debe incurrir periódicamente para mantener sus líneas de producción en funcionamiento, se les conoce como costos de producción o costos de operación (FAO, 2018). Por otro lado, el dinero que una empresa destina a activos que necesita para mantenerse en funcionamiento, se denomina inversión, y puede relacionarse con los recursos de dicha empresa (IG Group Limited, 2018). La diferencia entre costo e inversión, está en que el costo es una salida de dinero a cambio de alguna contraprestación, mientras que la inversión tiene la finalidad de generar un rendimiento en el futuro.

Los costos de producción están en tres elementos: costo de materiales directos, costo de mano de obra directa y costos indirectos de representados fabricación. Los materiales directos son aquellos que están directamente relacionados con el producto final, por su parte, la mano de obra directa es aquella que tiene actividades relacionadas directamente con la elaboración del producto terminado, por último, los costos indirectos de fábrica son aquellas erogaciones en aspectos generalmente intangibles, como arrendamiento, seguros, servicios públicos, etc. El costeo de un producto tiene la finalidad de establecer el precio de venta. Es decir, que el precio de venta tiene que ser superior al costo unitario del producto, independiente de cómo se haya calculado dicho precio de venta.

Una forma alternativa de clasificar y comprender los costos, es a través de la forma como estos se relacionan con el nivel de producción. Los costos fijos son aquellas erogaciones al corto plazo que o ciertos niveles de producción que no tienen relación con el nivel de producción. Los costos variables, por su parte, son las salidas de dinero en que incurre la empresa y que están relacionadas estrechamente con el volumen de producción.

N°	Detalle	C.F.	C.V.
1	Materia prima directa		*
2	Materiales e insumos directos		*
3	Mano de obra directa		*
4	Materiales indirectos		*
5	Mano de obra indirecta	*	
6	Gasto indirecto de fabricación	*	
7	Gastos de administración	*	
8	Impuestos o patentes	*	
9	Gastos de comercialización	*	*
10	Depreciación	*	*
11	Amortización inversión directa	*	
12	Costo financiero	*	

Ilustración 50. Clasificación de los costos
Fuente: <http://cmap.upb.edu.co>

2. Evaluación económica

Hay dos análisis que deben siempre considerarse en el diseño y elaboración del producto. Nos referimos al rendimiento sobre la inversión y al punto de equilibrio.

La rentabilidad del producto se puede calcular de muchas formas. Una de ellas es a través del indicador del rendimiento sobre la inversión (ROI). La cifra que arroja este indicador se compara contra la cantidad esperada que internamente ha calculado la organización.

$$\text{ROI} = (\text{Utilidad esperada o real}) / (\text{Activos necesarios}) * 100$$

Con el ROI (Return On Investment) se puede medir la rentabilidad de una campaña publicitaria, la evolución de las finanzas, o la evolución de dicha empresa en el tiempo: Análisis de la rentabilidad de un proyecto o de una línea de producción en cuanto a su crecimiento o decrecimiento en un lapso determinado (Uribe, Gerencie.com, 2018).

Con el análisis del punto de equilibrio, con base en los costos conocidos de fabricación, pretendemos anticiparnos a la cantidad que es necesario “producir y vender”, para que un producto genere margen de contribución a la empresa. De aquí que se le conozca también como “límite de rentabilidad” o “umbral de rentabilidad”. Para el análisis del punto de equilibrio, partimos de las siguientes variables:

VARIABLE	
P	Precio unitario de venta del producto
Q	Cantidad a producir
V	Costo variable unitario
f	Costo fijo
c	Costo unitario
m	Margen de rentabilidad
u	Utilidad

$I = p.Q$	Ingresos
$CV = v.Q$	Costo variable
$CF = f$	Costo fijo
$CP = CV + CF$	Costo de producción

La forma de calcular el precio de venta puede variar según la estrategia de la empresa, por lo tanto, no hay una forma única de hacerlo. Se recomienda aplicar el concepto de precio según el margen, donde c es el costo unitario, p el precio de venta y m el margen:

$$p = c/(1-m)$$

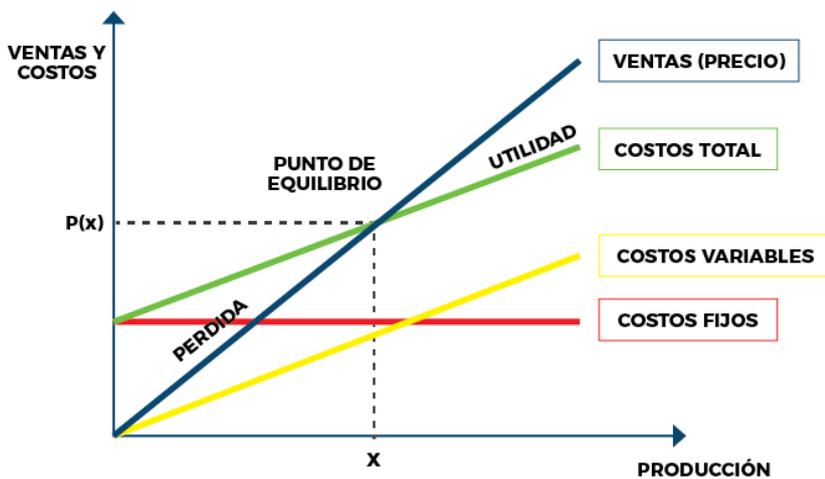


Ilustración 51. Punto de equilibrio
Fuente: <https://www.santanderrio.com.ar>

En el punto de equilibrio o límite de rentabilidad (QE) se da cuando los ingresos I igualan a los costos de producción CP , para ese artículo particular.

$$p \cdot Q = v \cdot Q + f$$

Con los apropiados cálculos matemáticos, se haya la cantidad que equilibra los ingresos con los costos:

$$Q_e = f/(p-v)$$

La cantidad de indiferencia, donde no se gana ni se pierde, se da en el valor de Q_e , según la relación entre los costos y el precio de venta como se indica en la formulación anterior. Si producimos y vendemos Q_e ni ganamos ni perdemos. Si producimos y / o vendemos por debajo de Q_e estamos perdiendo dinero. Pero si producimos y logramos vender por encima de Q_e estamos generando utilidades.

Es de resaltar que lo que realmente materializa la utilidad es la venta, por lo tanto, no basta con producir por encima de la cantidad de equilibrio, sino colocar esos productos en el mercado. Hay que tener cuidado con la relación existente entre producción y venta, pues se corre el riesgo de generar excesos de producto que llevan al deterioro de las utilidades, como se verá más adelante en el manejo de inventarios.

Siempre será posible expresar el límite de rentabilidad en pesos. El punto de equilibrio también puede considerarse desde el punto de vista de los valores en pesos. Para ello, las ecuaciones presentadas se transforman con la simple presencia del factor monetario así:

$$\text{Equilibrio (\$)} = \text{Equilibrio (Unid)} \times \text{precio de venta unitario}$$

$$Q(\$) = \left(\frac{f}{p - v}\right) * p \rightarrow Q(\$) = \left(\frac{f}{1 - v/p}\right)$$

Cuando no se conocen con precisión los costos fijos y variables, estos pueden estimarse a través de la recta de regresión con base en los datos reales. Si se grafican los beneficios y los costos, en una línea de regresión pueden estimarse los costos totales, que pueden subdividirse en fijos y variables. Así mismo puede determinarse el punto de equilibrio, todo ello sin necesidad de conocer el detalle de los costos.

Un pequeño ejemplo. El precio unitario de venta de un producto es de \$1000. Según datos de contabilidad, se tiene que los costos fijos son de \$4.000.000 mensuales y los costos variables unitarios son de \$500. ¿Cuál debe ser la cantidad mínima que debe producirse y venderse para lograr el límite de rentabilidad?

$$Q_e = \frac{4.000.000}{1.000 - 500} = 8.000 \text{ un}$$

$$Q(\$) = \frac{4.000.000}{1 - \frac{500}{1.000}} = \$8.000.000$$

Se deben producir y vender 8.000 unidades en el mes (o sea \$ 8.000.000 en el mes) para alcanzar el punto de equilibrio, es decir, para cubrir los costos con los ingresos, sin ganancia.

El análisis del punto de equilibrio a veces no es tan elemental, pues depende de la cantidad de artículos o gama de productos que fabrica la compañía. La metodología para el punto de equilibrio con varios productos debe incluir unos cálculos adicionales. Se obtiene la cantidad de equilibrio en unidades equivalentes:

$$Q_E = \frac{f}{(p_1 - v_1) x i_1 + (p_2 - v_2) x i_2 + (p_3 - v_3) x i_3 + \dots + (p_n - v_n) x i_n}$$

Donde:

- **f**: representa los costos fijos del período analizado
- **p_n**: es el precio unitario de venta del producto i
- **v_n**: es el costo unitario variable del producto i
- **i_n**: es el porcentaje de ventas del producto n con respecto al total de ventas en unidades.

El precio promedio se podría calcular así:

$$p' = p_1 i_1 + p_2 i_2 + p_3 i_3 + \dots + p_n i_n$$

Se puede hallar también el punto de equilibrio en pesos, así:

$$Q_E = \frac{f}{(1 - v_1 / p_1) i_1 + (1 - v_2 / p_2) i_2 + (1 - v_3 / p_3) i_3 + \dots + (1 - v_n / p_n) i_n}$$

Con lo cual, Q (\$) sería:

$$Q(\$) = Q_E p'$$

El siguiente ejemplo clarifica el concepto. Supongamos unos costos fijos de \$10.000.000, con la siguiente estructura de costos para los productos A, B y C:

Producto	Unidades	Pn	Vn
A	3.000	1.000	300
B	18.000	5.000	2.000
C	50.000	8.000	3.500

Calculamos para cada producto, el margen mn, el porcentaje de las ventas y la relación de costo variable a precio de venta v_n / p_n

Producto	Unidades	Pn	Vn	Mn	Vn / Pn	In
A	3.000	1.000	300	700,00	0,30	0,04
B	18.000	5.000	2.000	3.000,00	0,40	0,25
C	50.000	8.000	3.500	4.500,00	0,44	0,70

Con esta información, aplicando la formulación para el punto de equilibrio múltiple, se halla el punto de equilibrio en pesos y el punto de equilibrio equivalente en unidades:

$$Q_E = 2526 \text{ unidades}$$

$$Q(\$) = 17.306.520$$

El precio promedio sería de $p' = 6.852$

El concepto de punto de equilibrio es concepto muy importante en el análisis de las operaciones empresariales. Si lo miramos a manera de indicador, éste, establece el valor mínima a partir de la cual la empresa es viable. Esto significa que el umbral de rentabilidad en unidades es la cantidad mínima que una empresa debería producir y vender, para comenzar a generar contribución económica y restabilidad. Como se analizará más adelante, por encima de este punto, deben estar tanto la demanda como la capacidad.



Martha Guerrero Carrasco
Jorge Brito Aguilar
Iván Gómez Gómez
Giuseppe Vanoni Martínez

1. PRONÓSTICO DE LA DEMANDA
2. MÉTODOS DE PREDICCIÓN (CUALITATIVOS)
 - 2.1. OPINIÓN EXPERTA
 - 2.2. MÉTODO DELPHI
 - 2.3. INVESTIGACIÓN DE MERCADO
 - 2.4. ANALOGÍA HISTÓRICA
 - 2.5. FUERZA DE VENTAS
3. MÉTODOS DE PREVISIÓN (CUANTITAVOS)
 - 3.1. PROMEDIO MÓVIL SIMPLE (PMS)
 - 3.2. PROMEDIO MÓVIL PONDERADO (PMP)
 - 3.3. SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL (ALISADO EXPONENCIAL)
 - 3.4. MODELO DE SERIE DE TIEMPOS Y REGRESIÓN LINEAL SIMPLE
 - 3.5. MÉTODO ESTACIONAL
4. SELECCIÓN DEL MEJOR MÉTODO DE PRONÓSTICO
 - 4.1. MEDICIÓN DEL ERROR ACUMUALDO (CFE):
 - 4.2. ERROR MEDIO CUADRADO (EMC):
 - 4.3. DESVIACIÓN ABSOLUTA DE LA MEDIA (MAD):
 - 4.4. PORCENTAJE DE ERROR MEDIO ABSOLUTO (PEMA)
 - 4.5. PORCENTAJE MEDIO DE ERROR (PME)
 - 4.6. SEÑAL DE RASTREO (TS)

1. Pronóstico de la demanda

Esta es una de las labores que reviste más importancia para la planeación estratégica, pero al mismo tiempo es una de las más inciertas. Pronosticar quiere decir tratar de conocer lo que sucederá en el futuro. Lo que debe quedar claro es que ese futuro no es una prolongación o repetición del pasado, pues los gustos de los clientes y consumidores pueden cambiar con el tiempo, los productos pueden dejar de cumplir su propósito o simplemente habrá nuevos productos que desplazarán los existentes actualmente.

Hay que distinguir entre una predicción, que se basa en la intuición y en la experiencia de quien pronostica, y previsión, que se basa en datos históricos y que tienen una sustentación matemática. Algunos autores se refieren a la predicción como modelos “cualitativos” y a la previsión como modelos “cuantitativos”. Cabe resaltar que los métodos de previsión tienden a convertirse en métodos de proyección, por su tendencia a replicar el pasado.

Ningún método de pronóstico garantiza que se conocerán acertadamente los sucesos futuros. Se han realizado muchos esfuerzos para hallar una metodología que sea confiable, pero la realidad es que un método puede ser válido por un período de tiempo y luego no serlo, de allí que quien pronostica la demanda de una empresa debe constantemente monitorear la diferencia entre lo esperado y lo real, para ajustar su modelo de pronóstico a la situación actual.

2. Métodos de predicción (cualitativos)

Una de las principales características de los modelos cualitativos, es su facilidad para considerar situaciones del mercado que las simples cifras históricas no revelan. Este tipo de modelos, son útiles especialmente cuando se va a lanzar un nuevo producto, cuando se va a expandir una línea de productos, cuando se va a renovar un producto.

El fundamento de esta metodología está en dos cosas, la experiencia en el manejo del modelo de quienes van a pronosticar, por una parte, y el conocimiento que tienen de las variables del entorno que afectan la demanda, como por ejemplo la situación económica, la tecnología actual y futura, las tendencias en el mercado.

OPINIÓN EXPERTA

Este método se basa en la opinión de las personas que están más cerca de la información, como es el caso de la fuerza de ventas, los Directores Comerciales y los altos ejecutivos. También se le conoce como proyección fundamental y en esencia lo que busca es compilar la información que de primera mano tienen los expertos. Puede tender a convertirse en un resumen de los deseos de ventas.

El método también se conoce como grupo de consenso, y la idea subyacente es que por el conocimiento que tienen los directivos en conjunto, aporta una decisión más acertada sobre las expectativas de demanda para el producto que se desea pronosticar.

Este método es muy similar al Delphi, con la diferencia en que en el consenso las discusiones son abiertas entre personas que se conocen al interior de la empresa, en cambio el Delphi se basa en personas externas bajo la condición del anonimato.

MÉTODO DELPHI

Para garantizar imparcialidad en las predicciones, a la vez que la participación experta, se diseñó este método cualitativo. Se usa con suma frecuencia para pronosticar las ventas futuras a largo plazo o cuando las cifras de que se dispone no son muy confiables. Su funcionamiento es muy simple:

Se selecciona un número de expertos conocedores del mercado, con la característica del anonimato para eliminar posibles influencias (sesgos). A cada uno de los participantes, normalmente entre cinco y ocho expertos, se les suministra la información relacionada con el producto, el mercado y a la situación económica del mercado destino. Cada experto, anónimamente, ofrece su pronóstico al líder. El líder del proceso, conservando el anonimato de todos, combina todas las cifras y con ellas realimenta nuevamente a cada experto para que ellos sustenten sus cifras o las modifiquen según la opinión de los demás. Lo normal es que entre tres y seis vueltas sean suficientes para lograr un consenso alrededor de las cifras.

Los críticos de este método lo llaman el “promedio de los tontos”. Los defensores del método lo recomiendan como una excelente herramienta de pronóstico, especialmente por su bajo costo, su rapidez y respaldo.

INVESTIGACIÓN DE MERCADO

A través de encuestas, entrevistas, grupos focales y técnicas similares, se busca la predicción de lo que quiere el mercado, como nuevas ideas, gustos y disgustos de los consumidores, productos competidores y sustitutos. Por lo regular las empresas lo contratan con firmas especializadas externas. Es muy usado y recomendado para productos nuevos, para los cuales no se tiene información. Actualmente, los investigadores han demostrado que ésta metodología tiene limitaciones respecto de sus aplicaciones y evidencias tales como los productos “disruptivos” desarrollados por el avance tecnológico. Invitamos al lector a considerar la siguiente proposición: Los fundadores de Ford y Apple ¿A qué grupo objetivo de mercado seleccionaron para el desarrollo de los motores de combustión y los teléfonos inteligentes?

ANALOGÍA HISTÓRICA

Busca conocer la demanda de un bien (producto/servicio) a través de la demanda real o empírica que ha tenido el mismo y tiene alguna similitud respecto al benefi-

cio funcional del mismo; como por ejemplo: productos genéricos, productos sustitutos, productos complementarios. La metodología asume que la demanda desconocida de un producto nuevo, se puede estimar a través de los resultados comerciales previos (la evidencia histórica que se encuentra en los estados contables: número de unidades vendidas, tipos de presentaciones, precio de venta al público, canal de distribución utilizado, entre otras referencias que se pueden encontrar) que se han obtenido con un producto que tiene características similares -mejoras- y desempeño similar.

FUERZA DE VENTAS

Conocida también como técnica acumulativa, el pronóstico resultante se obtiene de sumar las intenciones comerciales de los vendedores. Se parte del hecho de quien conoce el mercado realmente es quien está en contacto con él.

3. Métodos de Previsión (cuatitativos)

Los modelos o métodos cuantitativos tienen su fundamento en la información histórica que se tiene de algún producto. Esa metodología sugiere tres alternativas de previsión: pronóstico de corto plazo para estimación de escenarios de entre uno y tres meses; pronóstico de mediano plazo para periodos de entre uno y dos años y pronóstico de largo plazo, también llamados estratégicos considerando previsiones de dos años o más. Como se analizará más adelante, no existe ningún modelo que sea capaz de predecir con una alta confiabilidad (precisión) y validez (exactitud) la demanda futura. El mejor modelo será aquel que al compararse con la realidad, refleje menor margen de error.

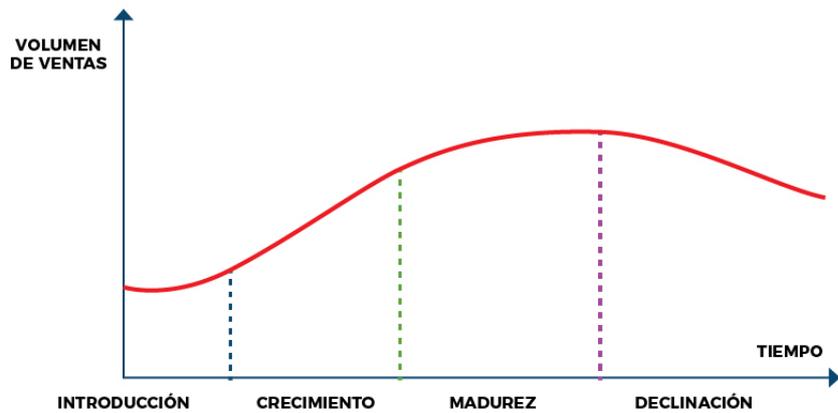
Con el tratamiento de los temas previos, para aplicar cualquier método para la previsión de la demanda, es preciso recordar la necesidad de:

- Tener información histórica (mínimo seis meses)
- La información debe estar actualizada (se tiene que trabajar en este aspecto)
- La información debe estar disponible

Los investigadores y expertos, asumen que la demanda futura podría ser una prolongación de la información pasada. Todos los modelos tienen un margen de confiabilidad y validez.

Para comprender la demanda futura de un producto, partimos de lo que se denomina “ciclo de vida”. A través de esta herramienta podemos estimar en qué momento del “ciclo de vida” está el producto, lo que nos dará luces aproximadas acerca de lo que sucederá posteriormente.

Ilustración 52. Ciclo de vida de un producto
 Fuente: <https://debitoor.es>

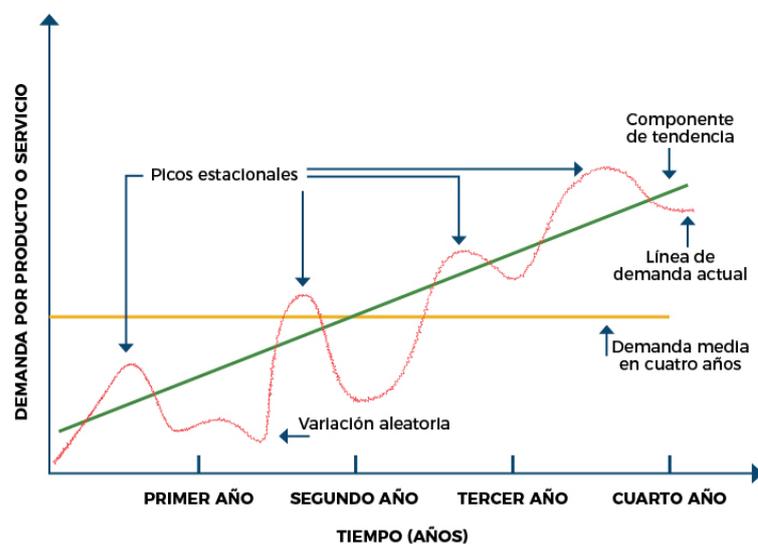


Este análisis es valioso no solo para conocer la situación actual del producto, sino además para establecer estrategias futuras. Esta herramienta tiene especial validez cuando se trata de elaborar un pronóstico estratégico, es decir a largo plazo.

Antes de avanzar, hay que hacer una distinción entre dos conceptos. Cuando se habla de demanda, se hace referencia a la cantidad que los clientes piden o están dispuestos a comprar; de manera similar, cuando se habla de ventas, se alude a lo que la empresa realmente entregó a sus clientes a cambio de una compensación monetaria. La demanda tiene que ver con lo que se pide, la venta tiene que ver con lo que se despacha.

La demanda de un producto o servicio la podemos observar en la ilustración siguiente:

Ilustración 53. Demanda de un producto o servicio
 Fuente: <http://admymercadeo.blogspot.com>



La demanda de cualquier producto puede descomponerse en elementos esenciales, que en conjunto permiten estimar el comportamiento actual y futuro de los clientes y qué atributos (funcionales y emocionales) adicionales valorarían del producto. Elementos que componen la demanda (admymercadeo.blogspot.com, 2018).

CICLO: Son patrones que se repiten cada cierto número de años, con relación directa a los ciclos económicos. Este componente se ve afectado por factores tales como: la tecnología, la política, la globalización, las tasas de cambio y otras variables económicas.

TENDENCIA: A lo largo del tiempo, comparando dos períodos no consecutivos, la demanda puede ir en ascenso o en descenso. La tendencia puede verse afectada por factores tales: como el poder adquisitivo, los cambios en los gustos y preferencias del consumidor, los “influencers”, la aparición de productos sustitutos, cambios demográficos, entre otros.

ESTACIONALIDAD: La demanda de ciertos productos puede tener un patrón de aumento o disminución que se repite en cierta época del año. En cierto sentido, la estacionalidad tiene que ver con algún fenómeno que está relacionado con la demanda del producto por una condición especial, como es el caso de la Navidad, San Valentín, entre otras que podrían ser regionales, y específicamente en algunos países. No siempre es posible identificarse la razón de la estacionalidad, pero si es visible y en cierto sentido previsible.

NIVEL: Es una forma de comprender cuál será el comportamiento promedio de la demanda durante un período largo de tiempo, el cual se calcula sumando la demanda en un lapso de tiempo, por ejemplo, de un año, y dividirla entre el número de períodos del lapso calculado. Con este modelo puede conocerse la demanda eliminando un poco la distorsión aleatoria.

ALEATORIEDAD: El comportamiento de compra de los clientes puede variar día a día por razones diferentes. Un aplazamiento de la compra, puede generar distorsiones pequeñas en el comportamiento de la demanda. Los cambios al azar de la demanda conforman el comportamiento de aleatoriedad, muy difícil de predecir.

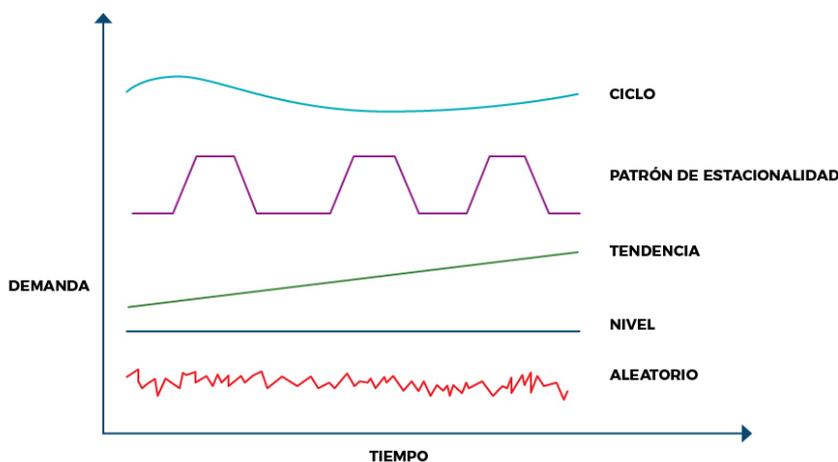


Ilustración 54. Elementos de la demanda
Fuente: Elaboración propia

La descomposición de la demanda, para el cual se dispone de suficiente información histórica, se puede modelar de la siguiente forma (gestiondeoperaciones.net, 2018):

- **Y:** es el valor pronosticado de la demanda
- **T:** es el factor de tendencia
- **C:** es el componente cíclico
- **S:** es el componente estacional
- **μ:** es la variación aleatoria no sistemática

El modelo quedaría de la siguiente forma, considerando que (t) es la variable tiempo:

$$Y(t) = T(t) * S * C + \mu$$

PROMEDIO MÓVIL SIMPLE (PMS)

Este es el modelo cuantitativo de previsión de corto plazo, es el más sencillo de todos. Consiste en obtener el pronóstico para el período siguiente con base en el promedio de los períodos anteriores. Lo usual es emplear el promedio para mínimo tres períodos y máximo nueve, pero incluso puede usarse uno a uno, o sea, pronosticar el período siguiente como el valor del período anterior.

Tiene la desventaja de que tiende a responder a la demanda con retraso, como se verá en los ejercicios resueltos más adelante. Adicionalmente, mientras más períodos se involucren en el promedio, más lineal será el pronóstico; es decir, los efectos estacionales, cíclicos y aleatorios no se ven reflejados.

Período	Demanda	Pronóstico
1	100	
2	110	
3	100	
4		103.33

Se llama promedio “móvil” porque el cálculo del período siguiente se halla “reemplazando” el dato más viejo por el dato más reciente. El período considerando puede ser una semana, un mes, un trimestre. Inclusive puede usarse para períodos inferiores a una semana.

Aún cuando parezca obvio, es necesario aclarar que el cálculo del pronóstico del nuevo período, sólo se hace cuando se conoce el dato real siguiente. Esto significa que el promedio móvil pronostica el valor del período siguiente y no dos o más períodos adelante. Es un pronóstico a corto plazo.

En la siguiente ilustración se observa cómo el pronóstico del promedio móvil muestra una tendencia lineal, pero va retrasado en relación con la demanda real.

Otro aspecto a considerar es el redondeo. No es necesario utilizar decimales, dado que es un pronóstico y por lo tanto el nivel de validez no se verá afectado por las pequeñas correcciones decimales.

Periodo	Demanda Real	Pronóstico
1	1200	
2	1400	
3	1000	
4	1500	1200
5	1500	1300
6	1300	1333
7	1800	1433
8	1700	1533
9	1300	1600
10	1700	1600
11	1700	1567
12	1600	1567

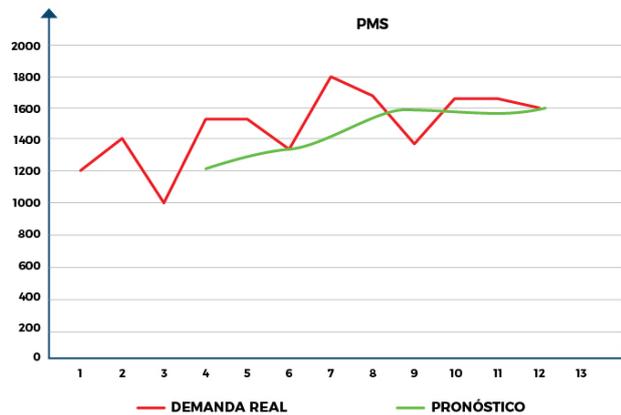


Ilustración 55.
Promedio Móvil Simple

PROMEDIO MÓVIL PONDERADO (PMP)

Este método de previsión cuantitativo es un refinamiento del promedio móvil simple. Si se analiza la formulación matemática del PMS, se encuentra que a todos los valores se les da el mismo peso o ponderación de $1/3$. En el caso del promedio móvil ponderado PMP, cada valor tiene un peso distinto, con la condición de que todos los factores de ponderación sumen el 100%.

En el promedio móvil simple se tiene:

$$F_4 = (D_1 + D_2 + D_3) / 3$$

Osea que cada valor pesa $1/3$, esto es:

$$F_4 = \frac{D_1}{3} + \frac{D_2}{3} + \frac{D_3}{3}$$

$$F_4 = (0.33) D_1 + (0.33) D_2 + (0.33) D_3$$

El promedio móvil ponderado le da pesos distintos a cada valor:

$$F_4 = (\alpha_1) D_1 + (\alpha_2) D_2 + (\alpha_3) D_3$$

El peso se determina por tanteo y experiencia, teniendo especial cuidado de darle mayor peso al valor más representativo, esto es, al que muestre hacia dónde se dirige la demanda. Si va al alza, lo lógico es que pese más el último valor de la demanda y que pese menos el valor más antiguo.

Si tomamos las alfas para el caso anterior de $\alpha_1 = 0.5$, $\alpha_2 = 0.3$, $\alpha_3 = 0.2$ que suman 1.0 como se pide, entonces tenemos:

$$F_4 = (0.5) 1,200 + (0.3) 1,400 + (0.2) 1,000 = 1,220$$

Los cálculos para los períodos siguientes, se muestran en la ilustración:

Periodo	Demanda Real	Pronóstico
1	1200	
2	1400	
3	1000	
4	1500	1200
5	1500	1300
6	1300	1333
7	1800	1433
8	1700	1533
9	1300	1600
10	1700	1600
11	1700	1567
12	1600	1567

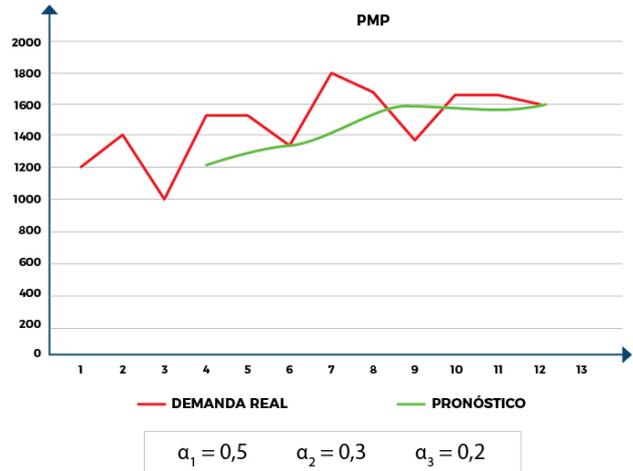


Ilustración 56.
Promedio Móvil Ponderado

El método calcula el pronóstico del período requerido con base en el promedio de los anteriores períodos, considerando los ponderadores o alfas. Se puede hacer para dos o más períodos, con la condición de que las alfas sumen 1,0.

SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL (ALISADO EXPONENCIAL)

Independiente de la validez y confiabilidad de los promedios móviles, una de sus grandes desventajas es la cantidad de información que hay que almacenar para poder hacer cálculos. La metodología de suavización o alisado exponencial es también una herramienta de cálculo de pronósticos de corto plazo, con el gran beneficio de solo requerir información del período anterior.

Su metodología permite adaptarse rápidamente a los cambios de la demanda, ya que al final de cada período examina la validez del pronóstico anterior y lo ajusta confrontándolo con la realidad más actual. Para ello, se selecciona un ponderador o alfa, el cual va en un rango desde un número cercano a cero, hasta uno valor que no debe ser superior a 0,5. Mientras más variabilidad haya en la demanda real, mayor será el valor del alfa, mientras menos variabilidad, menor será el valor del alfa.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - F_{t-1})$$

En palabras, el pronóstico F_t es la suma del pronóstico anterior F_{t-1} corregido en un porcentaje α del error anterior ($D_{t-1} - F_{t-1}$). Donde, las variables significan lo siguiente:

- F_t es el valor a pronosticar en el período t
- F_{t-1} valor del pronóstico anterior $t - 1$. Si no existe, se asume cualquier valor cercano
- D_{t-1} es la demanda real del período anterior $t - 1$
- α es el ponderador, cuyo valor va desde un valor muy pequeño hasta 0,5
- $(D_{t-1} - F_{t-1})$ es el error del pronóstico anterior que debe corregirse

Período	Demanda Real	Pronóstico
1	1200	
2	1400	
3	1000	900
4	1500	950
5	1500	1225
6	1300	1363
7	1800	1332
8	1700	1566
9	1300	1633
10	1700	1467
11	1700	1584
12	1600	1642

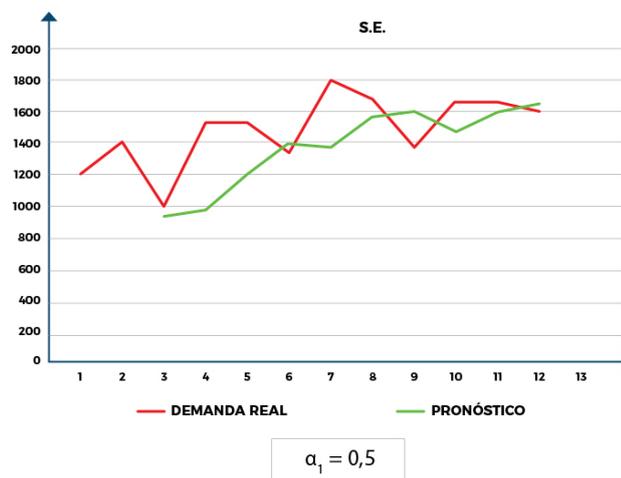


Ilustración 57.
Suavización Exponencial

En la ilustración puede observarse que para el período 3, se asumió que el pronóstico era de 900, y con base en él se efectuaron los cálculos ajustados a los pronósticos que siguen. Para visualizar los cálculos, escribimos los tres primeros pronósticos, correspondientes a los períodos 4, 5 y 6.

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - F_{t-1})$$

$$F_4 = F_3 + \alpha (D_3 - F_3) = 900 + (0.5) (1,000 - 900) = 950$$

$$F_5 = F_4 + \alpha (D_4 - F_4) = 950 + (0.5) (1,500 - 950) = 1,225$$

$$F_6 = F_5 + \alpha (D_5 - F_5) = 1,225 + (0.5) (1,500 - 1,225) = 1,363$$

MODELO DE SERIE DE TIEMPOS Y REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Una herramienta muy poderosa de la estadística es la regresión lineal. Con ella puede calcularse un pronóstico a largo plazo, disponiendo de por lo menos seis (6) datos anteriores.

Antes de aplicar el modelo, es necesario justificar estadísticamente que hay una correlación entre la variable dependiente y la variable independiente. Esta correlación se mide con el coeficiente de determinación R^2 . La validez de este modelo estadístico sugiere que el valor de coeficiente tiene que ser en magnitud mayor a 0.7.

El ajuste más común se da con una recta de regresión lineal, aunque existen otros modelos como el polinómico, el logarítmico y otros. Además, las variables que se relacionan deben tener causalidad entre ellas. Por ejemplo, para estimar la demanda de un producto cualquiera como variable dependiente, puedo correlacionarla con el presupuesto de publicidad como variable independiente. Otro ejemplo podría ser estimar la venta de pañales para bebé contra el número de nacimiento.

Un modelo que suele usarse bastante es el de la serie de tiempos, que es un caso particular de la regresión lineal. En éste, la variable dependiente es la demanda, y la variable independiente es el número del mes a que corresponde. Se llama serie de tiempos precisamente porque analiza el comportamiento de la demanda a través del tiempo.

En el caso propuesto, vamos a utilizar las funciones de Excel, con las cuales podemos obtener cualquier pronóstico de la demanda y, además, los estadísticos que muestran su validez.

Nótese que se calculó el período 13 con base en el modelo de una ecuación lineal. Los siguientes períodos (14, 15, ...) pueden calcularse con solo utilizar los datos existentes, por lo que se dice que este modelo es de largo plazo.

El coeficiente de determinación es 0.3983, con lo cual la validez de la correlación es muy baja, por lo que el modelo no es un buen pronosticador usando la recta de regresión lineal.

Periodo	Demanda Real	Pronóstico
1	1200	1242
2	1400	1285
3	1000	1327
4	1500	1369
5	1500	1412
6	1300	1454
7	1800	1496
8	1700	1538
9	1300	1581
10	1700	1623
11	1700	1665
12	1600	1708
13		1750

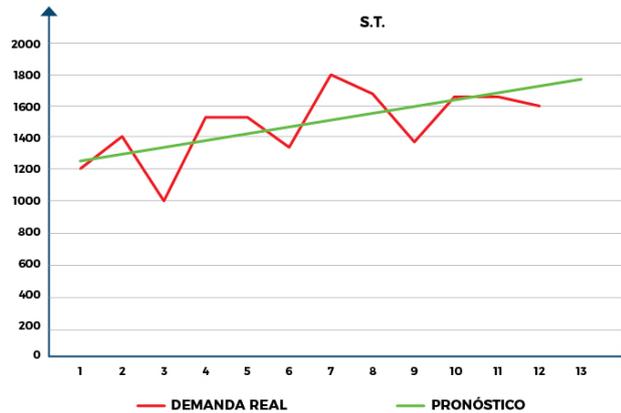


Ilustración 58.
Serie de Tiempos (Regresión)

Las fórmulas de Excel utilizadas en el modelo, son:

- PRONOSTICO
- COEFICIENTE.R2

La ecuación de la recta de regresión utilizada en el modelo sería:

$$F_t = 42,302 (t) + 1200$$

Los valores para la recta se obtienen directamente del gráfico, pero además se pueden hallar con las fórmulas de Excel.

- INTERSECCION.EJE
- PENDIENTE.

Reemplazando cualquier valor para la variable tiempo (t) a futuro en la ecuación anterior, puede hallarse cualquier pronóstico de la demanda.

MÉTODO ESTACIONAL

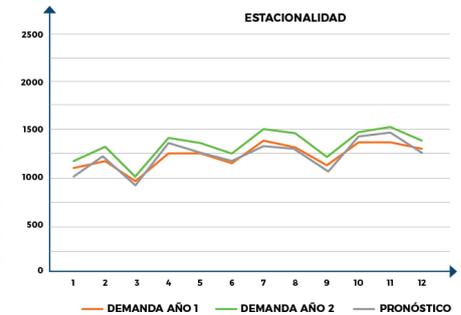
A veces la demanda de un producto obedece a ciertas temporadas (que pueden coincidir en algunos países con las estaciones). Una forma de calcular la demanda podría ser considerando estos cambios “estacionales”. Se fundamenta en datos de por lo menos dos años, para poder calcular el factor estacional.

Para entender el modelo, veamos cómo sería la información con el ejemplo que traemos, con dos años de datos:

Ilustración 59.
Pronóstico Estacional

Periodo	Demanda año 1	Demanda año 2	Demanda Promedio/mes	Demanda Promedio	Índice de estacionalidad	Pronóstico
1	1200	1100	1150	1474	0.7802	1300
2	1400	1450	1425	1474	0.9668	1611
3	1000	900	950	1474	0.6445	1074
4	1500	1600	1550	1474	1.0516	1753
5	1500	1500	1500	1474	1.0176	1696
6	1300	1370	1335	1474	0.9057	1510
7	1800	1710	1755	1474	1.1906	1984
8	1700	1650	1675	1474	1.1364	1894
9	1300	1150	1225	1474	0.8311	1385
10	1700	1800	1750	1474	1.1872	1979
11	1700	1900	1800	1474	1.2212	2035
12	1600	1550	1575	1474	1.0685	1781

SUMA DEMANDA PROMEDIO/MES	17690
DEMANDA ESPERADA AÑO 3	20000



Los cálculos son los siguientes:

Para cada mes, se calcula el promedio. En el caso del primer mes se tiene:

- Demanda. Promedio. mes 1 = $(1200 + 1100) / 2 = 1150$
- Demanda. Promedio. mes 2 = $(1400 + 1450) / 2 = 1425$
- Demanda. Promedio. mes ...
- Se suman las demandas entre meses, lo que da 17690
- La demanda. mensual promedio = $17690 / 12 \text{ meses} = 1474$

El índice de estacionalidad para cada mes, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Índice Estacionalidad} = (\text{demanda promedio entre meses}) / (\text{demanda mensual promedio})$$

- Índice estacionalidad. mes 1 = $1150 / 1474 = 0,7802$
- Índice estacionalidad. mes 2 = $1425 / 1474 = 0,9668$
- Índice estacionalidad. mes ...

Si se espera que la demanda para el año 3 sea de 20000 unidades, la demanda mes a mes sería así:

- Demanda promedio. mes 1 = $20000 * 0.7802 / 12 = 1300$
- Demanda promedio. mes 2 = $20000 * 0.9668 / 12 = 1611$
- Demanda promedio. mes 3 = $20000 * 0.6445 / 12 = 1074$
- Demanda promedio. mes 4 ...

La estacionalidad puede entenderse como una forma de repartir mes a mes un pronóstico general de un año. Es decir, que en sí mismo no es un modelo de pronóstico.

4. Selección del mejor método de pronóstico

Ningún método de pronóstico nos garantiza la certeza del futuro. Adicionalmente, en algunos casos un método parece pronosticar mejor que otro por un período de tiempo y luego dejar de ser válido. De aquí surge la necesidad de encontrar una metodología que nos permita escoger cuál es el mejor modelo en un caso determinado.

MEDICIÓN DEL ERROR ACUMUALDO (CFE):

Si comparamos periódicamente las cifras pronosticadas con las realmente demandadas, podemos establecer que tan bueno o malo fue nuestro modelo. Medir el error de pronóstico es tan simple como calcular la diferencia entre la demanda real y el pronóstico respectivo:

$$e = D - F$$

- $e = 0$ el pronóstico fue confiable
- $e > 0$ el pronóstico estuvo por debajo de la demanda real
- $e < 0$ el pronóstico estuvo por encima de la demanda real

$$CFE = \sum (D - f)$$

La medición del error acumulado del pronóstico evalúa el sesgo del pronóstico, indicando la existencia o no de un error sistemático en el cálculo de la demanda. Tomando como referente el modelo de suavización exponencial, el error acumulado de pronóstico CFE sería de 1438. Es de anotarse que los cálculos solo consideran los períodos con información a la que se puede hacer dicho cálculo.

Periodo	Demanda Real	Pronóstico	CFE
1	1200		
2	1400		
3	1000	900	100
4	1500	950	550
5	1500	1225	275
6	1300	1363	-63
7	1800	1332	468
8	1700	1566	134
9	1300	1633	-333
10	1700	1467	233
11	1700	1584	116
12	1600	1642	-42
			1438

Ilustración 60.
Suma Acumulada de Errores

ERROR MEDIO CUADRADO (EMC):

Mide la dispersión del error en el pronóstico, con la particularidad de maximizar el error castigando los períodos donde la diferencia fue más alta. Su uso se recomienda para pronósticos con desviaciones pequeñas. Su cálculo consiste en medir el error individual de cada período entre la demanda real y su pronóstico, luego elevar al cuadrado dicho error y, por último, sumando dichos errores cuadrados.

$$EMC = \frac{\sum (D - F)^2}{n}$$

Tomando como referente el modelo de suavización exponencial, la medición del error medio cuadrado del pronóstico EMC sería de 80947,2.

DESVIACIÓN ABSOLUTA DE LA MEDIA (MAD):

Mide el error promedio en los pronósticos de una manera muy simple, mediante el uso de valores absolutos. Su finalidad es medir la dispersión entre el valor real y el valor esperado.

$$MAD = \frac{\sum |D - F|}{n}$$

Se define como la medición de la dispersión del pronóstico y se interpreta como la medición del tamaño del error en unidades. Matemáticamente, es el valor absoluto de la diferencia entre la demanda real y el pronóstico, dividido sobre el número de períodos medidos (ingenioempresa.com, 2018). Tomando como referente el modelo de suavización exponencial, la desviación absoluta media del pronóstico MAD sería de 231,4.

Período	Demanda Real	Pronóstico	D - F	D - F
1	1200			
2	1400			
3	1000	900	100	100
4	1500	950	550	550
5	1500	1225	275	275
6	1300	1363	-63	63
7	1800	1332	468	468
8	1700	1566	134	134
9	1300	1633	-333	333
10	1700	1467	233	233
11	1700	1584	116	116
12	1600	1642	-42	42
			MAD	231,4

Ilustración 61.
Desviación Media Absoluta MAD

PORCENTAJE DE ERROR MEDIO ABSOLUTO (PEMA)

Puede ser a veces más útil calcular el error de pronóstico en términos porcentuales y no en términos absolutos. Es especialmente importante este enfoque cuando la magnitud de la variable de pronóstico es importante en cuanto a su validez y confiabilidad.

PEMA proporciona un indicador del tamaño de los errores de pronóstico comparado con los valores reales de la demanda, o con otros pronósticos, dado que es en porcentaje.

$$\text{PEMA} = \frac{\sum |D - F| / D}{n}$$

Tomando como referente el modelo de suavización exponencial, la desviación absoluta media del pronóstico PEMA sería de 15,4%. Es de anotarse que los cálculos solo consideran los períodos con información a la que se puede hacer dicho cálculo.

Período	Demanda Real	Pronóstico	D - F	D - F	D - F / D
1	1200				
2	1400				
3	1000	900	100	100	0,1
4	1500	950	550	550	0,37
5	1500	1225	275	275	0,18
6	1300	1363	-63	63	0,05
7	1800	1332	468	468	0,26
8	1700	1566	134	134	0,08
9	1300	1633	-333	333	0,26
10	1700	1467	233	233	0,14
11	1700	1584	116	116	0,07
12	1600	1642	-42	42	0,03
PEMA					0,154

Ilustración 62.
Porcentaje de Error Medio Absoluto

PORCENTAJE MEDIO DE ERROR (PME)

Cuando se desea saber si hay sesgo en el pronóstico se usa el porcentaje medio de error, cuya medición se hace considerando el error del período afectado por el valor real de ese período, consolidado en el promedio.

$$\text{PEM} = \frac{\sum (D - F) / D}{n}$$

En otras palabras, se trata del promedio de los porcentajes del error de cada período. Tomando como referente el modelo de suavización exponencial, la desviación absoluta media del pronóstico PEM sería de 8,6%.

Período	Demanda Real	Pronóstico	D - F	(D - F) / D
1	1200			
2	1400			
3	1000	900	100	0,1
4	1500	950	550	0,37
5	1500	1225	275	0,18
6	1300	1363	-63	-0,05
7	1800	1332	468	0,26
8	1700	1566	134	0,08
9	1300	1633	-333	-0,26
10	1700	1467	233	0,14
11	1700	1584	116	0,07
12	1600	1642	-42	-0,03
PEMA				231,4

Ilustración 63.
Porcentaje Medio de Error

SEÑAL DE RASTREO (TS)

Se puede considerar la señal de rastreo como un indicador del número de desviaciones absolutas medias del pronóstico de cada período, señalando si ellas están por encima o por debajo de lo esperado.

$$TS = \frac{\sum (D - F)}{\sum |D - F| / n}$$

Período	Demanda Real	Pronóstico	D - F	$\sum (D - F)$	D - F	$\sum D - F $	$\sum D - F / n$	TS
1	1200							
2	1400							
3	1000	900	100	100	100	100	100	1
4	1500	950	550	650	550	650	325	2
5	1500	1225	275	925	275	925	308	3
6	1300	1363	-63	862	63	988	247	3,49
7	1800	1332	468	1330	468	1456	291	4,57
8	1700	1566	134	1464	134	1590	265	5,52
9	1300	1633	-333	1131	333	1923	275	4,12
10	1700	1467	233	1364	233	2156	270	5,06
11	1700	1584	116	1480	116	2272	252	5,86
12	1600	1642	-42	1438	42	2314	231	6,21
CFE							MAD	CFE/MAD

Ilustración 64.
Señal de Rastreo

Como puede observarse en la última columna de la ilustración, la señal de rastreo va al alza, lo que indica que el modelo de pronóstico está fuera de control. Lo ideal, sería que estuviera oscilando entre 0 y 4 desviaciones, por lo que en este caso podemos afirmar que según la TS el modelo no aplica.

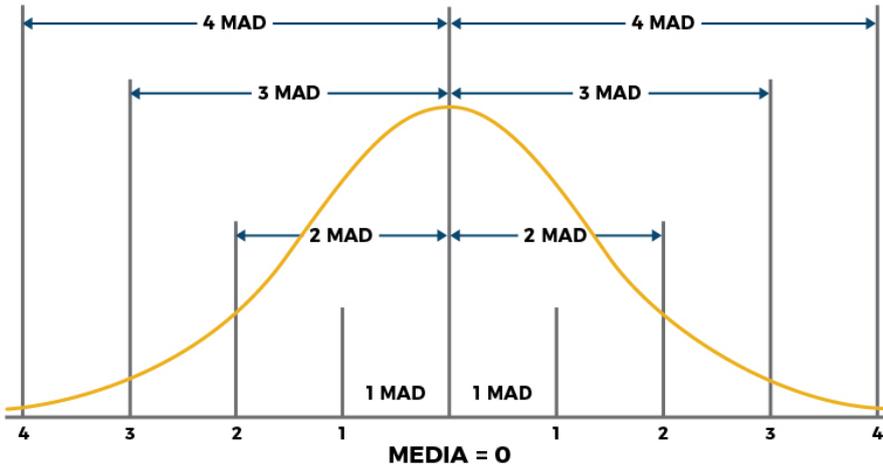


Ilustración 65.
Distribución normal de la TS



- 1. PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD**
 - 1.1. UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS (U)
 - 1.2. EFICIENCIA DEL TRABAJADOR (E)
 - 1.3. CONCEPTOS SOBRE CAPACIDAD
 - 1.4. ERRORES COMUNES SOBRE LA CAPACIDAD
 - 1.5. MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD PARA VARIOS PRODUCTOS
- 2. PLANIFICACIÓN AGREGADA DE LA CAPACIDAD**
- 3. PLAN AGREGADO**
- 4. PLAN DETALLADO**
 - 4.1. CASO DE ANÁLISIS: FÁBRICA DE CARETAS

Iván Gómez Gómez
Jorge Brito Aguilar
Andrés Gomez Ríos
Giuseppe Vanoni Martínez

1. Planeación de la capacidad

Después de diseñarse un sistema productivo, es necesario determinar la capacidad de producción. De esta decisión dependen las inversiones de capital (inversión en máquinas, materiales, construcción de la planta), las labores de mantenimiento, la contratación de personal, la planificación de operaciones y la rentabilidad del negocio. Pero no solo esto: también debe tenerse pleno conocimiento de la demanda de los productos y del estado de éstos en el ciclo de vida, pues ambos factores influirán simultáneamente en las decisiones de capacidad.

La planeación y el control de la capacidad implican el establecimiento, la medición, el seguimiento y el ajuste de los límites o niveles disponibles de un sistema, con el objeto de facilitar una ejecución fluida de todos los programas de fabricación, la planeación de materiales y el control de las actividades. Planear la capacidad es un proceso para determinar los recursos humanos, instalaciones, maquinaria, equipo y demás recursos físicos necesarios para cumplir con los objetivos de producción de una empresa.

Entenderemos la capacidad como la velocidad máxima a la que un sistema puede realizar un trabajo. Es decir, la capacidad se mide -entre otros aspectos- como el número de unidades de producción por unidad de tiempo.

El control de la capacidad puede definirse como el proceso de dar seguimiento a la producción, comparándola con el plan de capacidad, determinando si las variaciones exceden los límites preestablecidos y emprendiendo las acciones correctivas.

Imaginemos una pequeña lavandería donde se recibe y procesa la ropa por libras y en la que se dispone de los siguientes equipos con sus tiempos de proceso:

- Dos lavadoras de 20 libras cada una, cuyo proceso tarda 40 minutos
- Dos secadoras de 20 libras cada una, cuyo proceso tarda 20 minutos
- Un sistema de planchado a vapor que puede atender 100 libras por hora
- Un proceso de empaque que puede atender 50 libras por hora



Ilustración 66.
Capacidad de una lavandería

En nuestro caso, la capacidad del sistema es de 50 libras / hora, pues es el recurso que está limitando la velocidad del sistema, es el proceso más lento. Si el proceso para empacar lo podemos duplicar a 100 libras / hora, la velocidad del sistema estaría limitada por el proceso de lavado de 60 libras / hora y no por el proceso de empaque. Si además se duplicara la capacidad de lavado comprando dos lavadoras más, la nueva capacidad sería:



Ilustración 67.
Capacidad de una lavandería modificada

Puede observarse que el sistema tiene ahora una nueva restricción: el proceso de planchado, por lo que la lavandería podría procesar ahora 100 lb / hora.

Esto lleva a reflexionar acerca de la capacidad, entendiéndose como la velocidad del proceso más lento. ¿Será necesario aumentar la capacidad? Esta decisión esta en función de la demanda, del proceso que se deba intervenir y otros elementos que no son parte de éste análisis. De todas formas, todos los sistemas siempre tendrán una restricción, todos los procesos de producción tienen capacidad finita tomando como base de medición el tiempo.

UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS (U)

El tiempo ocioso y el mantenimiento disminuyen la capacidad. Por ello, se calcula un indicador llamado “factor de utilización” (U) con el cual medimos el porcentaje de tiempo durante el que realmente funciona una máquina. Cuando se mide el rendimiento considerando las interrupciones en el proceso, se tiene:

$$U = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad diseñada}} * 100$$

En ocasiones, la medición del rendimiento de la maquinaria se mide con base en los resultados de la calidad final obtenida, si se tiene en cuenta que hay en el proceso algún nivel de producción con defectos que podría ser muy difícil de evitar:

$$U = \frac{\text{Unidades con calidad aceptable}}{\text{Unidades totales producidas}} * 100$$

Las dos mediciones son independientes, sin embargo podrían combinarse. Cuando se combinan, el resultado del factor de rendimiento es el resultado de la multiplicación de las dos mediciones. En caso contrario, solo se tiene en consideración alguna de las dos mediciones.

EFICIENCIA DEL TRABAJADOR (E)

Como lo demuestran los estudios realizados por expertos de ingeniería industrial, es imposible que un trabajador mantenga un ritmo constante durante un período de tiempo. Necesitamos entonces medir la eficiencia del trabajador, para lo que utilizamos la relación entre las horas estándar y las horas reales de producción. De esta forma, cuando calculamos la carga (el trabajo que puede realizar un operario) debemos afectar el tiempo estándar con la eficiencia.

$$E = \frac{\text{Tiempo real de producción}}{\text{Tiempo estándar}} * 100$$

Una medición alternativa se obtiene con las tasas de producción programada y estándar: Es de aclarar que las dos mediciones no tienen que dar la misma cifra, pero dan la idea de la misma situación. Se utiliza alguna de las dos, según la información disponible.

$$U = \frac{\text{Tasa programada de producción}}{\text{Tasa estándar de producción}} * 100$$

En el ejemplo de la lavandería, asumamos que el factor U es de 95.76% y el factor de eficiencia es de 97.9%. Recuerde que mejoramos la capacidad de empaque y que por lo tanto la capacidad del sistema es de 100 lb / hora. La “capacidad efectiva” (CE) de la lavandería en una jornada de ocho horas sería:

$$CE = \text{Capacidad} * U * E$$

- $CE = (100 \text{ lb / hora}) \times (8 \text{ horas / día}) \times (0.9576) (0.979)$
- $CE = 749.99 \text{ lb / día} = 750 \text{ lb / día}$

Si consideramos que nuestra lavandería labora mensualmente 26 días, tendremos:

- **Lavado** = $(26 \text{ días / mes}) * (120 \text{ lb / h}) (8 \text{ h / día}) (0.9576) (0.979)$
- **Lavado** 24.000 lb. / mes
- **Secado** 24.000 lb. / mes
- **Planchado** 19.500 lb. / mes
- **Empaque** 19.500 lb. / mes

De lo que se desprende que la capacidad del sistema es de 19.500 lb / mes, Es decir, independiente de cuánto puedan hacer los otros procesos, ésta, siempre será la limitante.

Planear la capacidad significa -en conclusión- planear los recursos. Podríamos preguntarnos “¿qué piensa hacer la compañía durante los próximos cinco años?”. Es una cuestión estratégica -de largo plazo- en la que se determina qué productos se ofrecerán, qué plantas se construirán, qué equipo se comprará. El futuro de la compañía está apoyado, entonces, por la política de fabricación.

El Plan de Producción (del que hablaremos más adelante) establece las cantidades que va a manejar el sistema: cuánto producir, cuánto inventario tener, qué pedidos hay pendientes. Este plan sólo puede cumplirse si se tiene la capacidad adecuada para él; por esto motivo, se propone el desarrollo de un plan de capacidad y un plan de producción.

CONCEPTOS SOBRE CAPACIDAD

Se entiende por “Capacidad real” la tasa de producción que puede obtenerse de un proceso; ésta se mide en “unidades de salida” (resultados o productos) por unidad de tiempo empleado. Por ejemplo: lapiceros producidos en un turno, clientes atendidos en una hora, registros procesadas en un minuto, entre otros.

La “Capacidad diseñada” o nominal, es la tasa de producción planificada -que quisiera tener idealmente- de una empresa en condiciones normales. Es la capacidad para la que se diseñó el sistema.

El término “Capacidad pico” se refiere a la tasa potencial de producción que puede lograrse considerando a la vez todas las políticas especiales de emergencia, como tiempos extra, trabajadores adicionales, etc. Esta capacidad sólo puede sostenerse durante un período corto de tiempo.

Por otra parte, la “Capacidad sostenida” es el nivel que puede mantenerse durante períodos prolongados sin que se presenten efectos adversos.

Es bastante usual que las instalaciones dedicadas al servicio se empleen a su capacidad pico, pues el “servicio” es un producto intangible que no puede almacenarse.

ERRORES COMUNES SOBRE LA CAPACIDAD

Para que el concepto de capacidad sea suficientemente claro, es necesario considerar, tres errores comunes que se emplean como equivalentes:

Primer error: Expresar la capacidad sin tener en cuenta el tiempo. El caso más común es mencionar una bodega de 400 m², un hospital con 1.000 camas, un restaurante con 50 sillas. Esta forma de expresión, hace referencia al tamaño del negocio más que a la capacidad.

Segundo error: Confundir el volumen con la capacidad. El volumen hace referencia a los resultados obtenidos y no necesariamente a la capacidad. Un ejemplo puede ser una universidad que graduó 500 estudiantes en el semestre; éste fue el resultado, el volumen; pero no necesariamente la capacidad, que probablemente sea mayor.

Tercer error: confundir, la capacidad de un sistema con su demanda. Las ventas las determina el mercado, la capacidad la determina la empresa misma (oferta).

MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD PARA VARIOS PRODUCTOS

La gran mayoría de empresas producen una variedad de productos, a lo que comúnmente se conoce como líneas o gamas de productos. Esta diversidad de productos puede tener en común algunos procesos y compartir ciertos recursos. El caso más complejo se da en una instalación donde se fabrica una gama completa de productos.

Sólo puede tenerse una idea estratégica de la capacidad si se logra encontrar una medida “agregada”, o sea una medida que involucre todos los productos. Ejemplos:

Tipo de negocio	Medida agregada
Fábrica de pinturas	Kg/hora
Taller mecánico	Toneladas/mes
Cantera	m ³ /día
Restaurante	Clientes/día ó dólares/día
Fábrica de cosméticos	Kg/operario-día
Hospital	Camillas/día

Una medida “agregada” es entonces, una forma de involucrar al mismo tiempo todos los productos que obtiene una empresa. Así, por ejemplo, una fábrica de pinturas definió su medida de capacidad como toneladas producidas por mes; nuestra lavandería la definiría como libras procesadas por mes, un almacén definió su capacidad como clientes atendidos por día. Algunas veces para medir la capacidad agregada, se utiliza el concepto de producto equivalente, lo que quiere decir que se tiene en cuenta el efecto de todos los productos, en términos de alguno en particular que generalmente es el producto líder.

2. Planificación agregada de la capacidad

Lo que se busca al planificar la capacidad es encontrar el nivel que satisfaga la demanda del mercado de manera rentable para la compañía. Ésta planificación debe hacerse a largo, mediano y corto plazo -en ese orden-. Los pasos adecuados para lograrlo serán:

- Pronosticar la demanda para cada línea de productos en el horizonte de planeación.
- Desagregar la demanda para cada producto de cada línea en el horizonte.
- Calcular los requerimientos de equipo, espacio y personal para cumplir los pronósticos.
- Proyectar la disponibilidad de: equipo, espacio y personal en todo el horizonte de tiempo.

Los costos unitarios de producción de los sectores industriales evolucionan en el tiempo de acuerdo con una curva en forma de U. A la hora de plantearse la posibilidad de modificar su capacidad a nivel estratégico, la empresa debe tener en cuenta en que parte de la curva se encuentra el sector (costos crecientes o decrecientes).

Si los costos tienden a ser decrecientes, las empresas incrementan su capacidad recurriendo a una de las siguientes medidas:

- Incrementar la escala de plantas ya existentes.
- Construir nuevas fábricas.
- Anticipar los incrementos de capacidad antes de que crezca la demanda.
- Explotar las economías de escala, si se requiere competir en base a precio.
- Establecer nuevas instalaciones en países con mejores condiciones de mano de obra.
- Incrementar el grado de automatización de la planta.
- Prever la demanda con base en métodos de proyección simples.

Si la situación del sector es de costos crecientes, las medidas que podrían considerarse para crecer la capacidad, podrían ser:

- Construir plantas de pequeña escala.
- Renovar las instalaciones ya existentes.
- Añadir capacidad solamente cuando lo exija la demanda.
- Localizar las instalaciones en las cercanías de los mercados finales.
- Evitar el riesgo asociado con la explotación de las economías de escala, y competir con base al servicio, la calidad, tiempos de fabricación y entrega, etc.
- Priorizar el uso de tecnologías.
- Trabajar en mejorar los métodos analíticos para predecir la demanda.

En el nivel “estratégico” de mediano plazo, se reconocen al menos cuatro formas de planificar la capacidad. Cada una de ellas tiene pros y contras, todo esta en función de cómo el estratega perciba los posibles cambios en los mercados y el riesgo que esté dispuesto a asumir frente a la rentabilidad del negocio:

- 1) Variar la capacidad al ritmo que varía la demanda
- 2) Igualar la capacidad con la demanda promedio
- 3) Igualar la capacidad con la demanda mínima
- 4) Perseguir la demanda

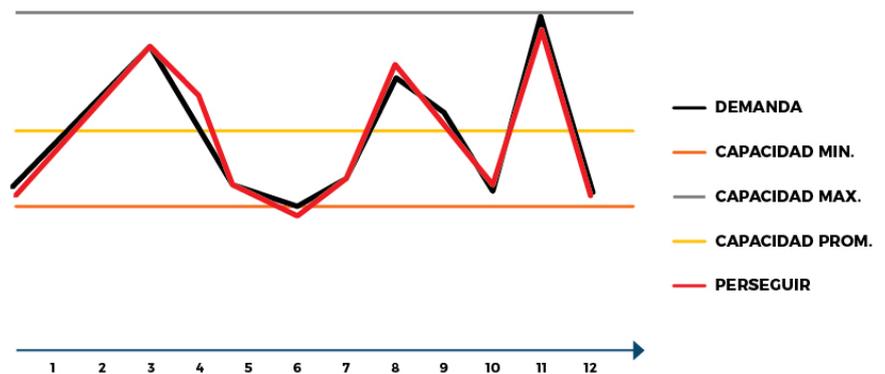


Ilustración 68.
Planes para ajustar la capacidad

Existen varias “tácticas” a corto plazo para adaptar la capacidad a las necesidades de la demanda: las horas extras trabajadas, contratación de personal temporal, contratación por outsourcing, maquila, producción para inventario en épocas de baja demanda para balancear la capacidad con la oferta total. Estas son alternativas de corto plazo, que las clasificaremos en dos aspectos; 1) cuando se trabaja sobre la capacidad y 2) cuando se trabaja sobre la demanda. En el caso en que se trabaja sobre la capacidad:

- Cuando se trabaja sobre la capacidad
- Cambio de niveles de inventario. Aumentar el inventario en períodos de baja demanda para cumplir con la demanda en períodos futuros cuando ésta sea alta.
- Variando el tamaño de la fuerza laboral, mediante contratación y despido.
- Variando las tasas de producción mediante el tiempo extra o el tiempo ocioso; la fuerza laboral se mantiene constante.
- Subcontratando; en los períodos pico puede adquirirse capacidad adicional con terceros, bien sea a través de maquilas o de outsourcing in situ.
- Utilizando trabajadores de medio tiempo, adicionalmente se da el caso de los sabatinos o de fin de semana.
- Cuando se trabaja sobre la demanda:
- Influenciando la demanda, puede aumentarse la demanda a través de publicidad, promociones, baja de precios, aumento de la fuerza de ventas.
- Ordenes pendientes durante los períodos de demanda alta; esto puede ser factible negociando con los clientes.
- Mezcla de productos contra-estacionales; para utilizar la capacidad solo para los productos que tienen demanda estacional y para el resto se busca nuevos productos con demanda contraria a la estacional de los primeros.

3. Plan agregado

Una vez que se ha logrado establecer la demanda y se tiene una forma agregada de medir la capacidad, lo que sigue es elaborar un plan que permita en el mediano plazo responder con los recursos (capacidad) a los requerimientos del mercado (demanda). A esto se le conoce como planeación agregada. En palabras sencillas, se busca desarrollar un plan factible de acuerdo a la estrategia y políticas de la organización con el mejor costo posible.

Todas las ideas tácticas pueden ser válidas teóricamente, pero debe tenerse cuidado de no comprometer los factores clave del negocio, el bienestar general de la compañía y los grupos de interés (stakeholders: accionistas, colaboradores, proveedores, clientes). El plan agregado es el resultado de confrontar la capacidad de la empresa contra su demanda. Las decisiones se orientan a lograr equiparar estas dos realidades; diseñando las estrategias y tácticas que van a ser utilizadas y el momento en que ellas deben iniciarse.

Una definición estratégica podría ser dejar parte de la demanda insatisfecha, o podría ser la materialización de alianzas con la competencia. Una decisión táctica sería, por ejemplo, contratar personal temporal, laborar horas extras cuando la demanda es alta, optimizar la plantilla y/o programar vacaciones de los colaboradores cuando la demanda es baja.

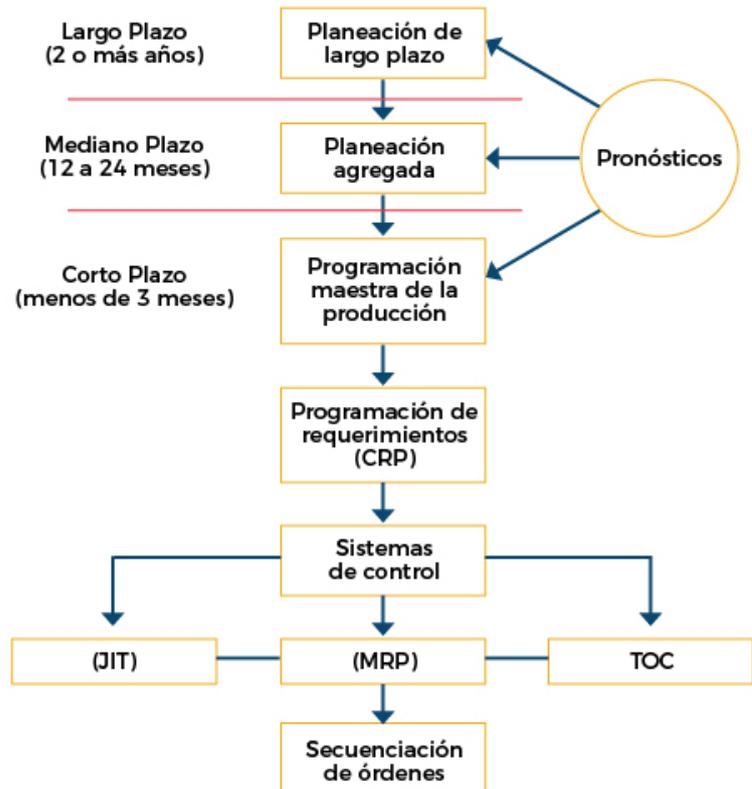


Ilustración 69.
Planeación de Operaciones
Fuente: Elaboración propia con base en Collier & Evans

El objetivo del plan agregado es encontrar la mezcla de tasa óptima de producción y nivel de fuerza laboral que minimice los costos operativos. Los parámetros que resultan incluyen el personal, la subcontratación, la acumulación de inventario y los niveles de producción. La salida del proceso de planeación agregada es un programa de producción para agrupar a los productos por familias. El plan agregado proporciona al fabricante información de cuánto debe producir de toda la línea; sin embargo, el objetivo final de cuánto fabricar de cada producto en particular.

4. Plan detallado

Aunque la planeación agregada es importante, para operar fluidamente, la empresa necesita conocer el detalle de producción para cada artículo específico. ¿Qué cantidad de productos fabricar y para qué fecha? Este proceso de dividir el plan agregado se llama desagregación o plan detallado de producción.

La desagregación da como resultado un programa maestro de producción (conocido como MPS), donde se especifica:

- El tamaño del lote y fecha de producción de cada artículo específico
- El tamaño del lote y fecha de los componentes manufacturados o adquiridos
- La secuencia de las ordenes o trabajos individuales
- La asignación de recursos a corto plazo de las operaciones

El lector debe diferenciar dos conceptos que, si bien tienen relación, no son lo mismo:

- La **capacidad** de una máquina o centro de trabajo es lo que “puede” realizarse allí.
- La **carga** de una máquina o centro de trabajo es la cantidad que tiene asignado para elaborar y que puede ser menor, igual o mayor que la capacidad.

CASO DE ANÁLISIS: FÁBRICA DE CARETAS

La empresa “D.La.Cara”, produce caretas para uso masivo. El diseño de sus productos ha sido muy impactante, al igual que su precio de venta. Usted ha sido nombrado como Director de Operaciones y se espera con su contribución profesional es que “D.La.Cara” pueda alcanzar niveles adecuados de producción que le permitan –en mediano plazo- incrementar la cobertura de mercado con sus productos.

Lo primero que usted debería hacer -por supuesto-, es analizar el comportamiento de la demanda. Aunque la empresa cuenta con buenos datos históricos, nunca se ha preocupado por pronosticar cómo serán las ventas en el futuro, y muchos menos ha pensado en la capacidad de la empresa para responder al incremento de participación de mercado.

Tanto las máquinas como los demás recursos se mantienen en óptimas condiciones. El equipo de colaboradores está muy comprometido y siempre han logrado cumplir con los estándares de producción, costo, oportunidad y calidad. Adicionalmente, usted dispone de la siguiente información:

- Se dispone de dos máquinas para procesos secuenciales de las caretas.
- Los productos que elabora son similares en tiempo y costo unitario.
- Hay en total tres trabajadores, dos para las máquinas y uno para las labores de empaque y despacho, a un salario de \$1,200.000 con prestaciones.
- Horario de trabajo: un turno de 8 horas, de lunes a sábado, pero sólo se pueden dedicar 6 horas a la producción, el resto del tiempo a mantenimiento (inevitable) y labores de bodega. Con esto se ha garantizado el buen funcionamiento de la máquina y el orden general en la empresa.
- Como política de la dirección general, no se labora los días domingos ni festivos. Por lo tanto, en promedio hay 25 días laborales por mes.
- Capacidad: una máquina que produce 15 caretas/minuto, una segunda máquina que produce 20 caretas/minuto. Adicionalmente, se dispone de una máquina para empaquetamiento con capacidad de 10 empaques/minuto.
- El costo de una hora extra diurna es de \$6.250.

- El costo por hora outsourcing es de \$6.600 x 3, pero logran sacar 11 caretas por minuto.
- El costo de almacenamiento se calculó en \$10 por cada unidad mes.
- Cuando se ha contratado el servicio de maquila; el proveedor por su amistad con los directivos, cobra \$330/un sin incluir materiales; el costo de materiales es pagado directamente por “D.La.Cara” a razón de \$675 /un. Hasta el momento, no existe reclamos relacionados a la calidad.
- El costo unitario total de cada producto para “D.La.Cara” es de \$1.000 (materiales 675, costos indirectos de fábrica \$300 y mano de obra directa \$25).
- El costo variable por unidad es de \$675.
- Los costos fijos totales son de \$30.000.000 en el mes.
- El precio unitario de venta es de \$2,000

Ilustración 70. Datos históricos de la demanda de caretas

DEMANDA			
	Año 0	Año 1	Año 2
Enero		114,614	102,769
Febrero		107,778	113,944
Marzo		109,388	99,065
Abril		100,662	100,419
Mayo		103,960	104,742
Junio		109,808	111,101
Julio		103,522	104,103
Agosto		114,138	119,507
Septiembre		109,679	103,444
Octubre	116,720	105,804	108,123
Noviembre	126,689	99,957	111,091
Diciembre	128,128	95,620	105,153

Ilustración 71. Cálculo de la demanda con estacionalidad

Período	Demanda año 1	Per	Demanda año 2	Demanda Prom/mes	Demanda Promedio	Índice Estacionalidad	Pronóstico
1	114.614	13	102.769	108.692	106.600	1.0196	118.953
2	107.778	14	113.944	110.861	106.600	1.0400	121.333
3	109.388	15	99.065	104.227	106.600	0.9777	114.065
4	100.662	16	100.419	100.541	106.600	0.9432	110.040
5	103.960	17	104.742	104.351	106.600	0.9789	114.205
6	109.808	18	111.101	110.455	106.600	1.0362	120.890
7	103.522	19	104.103	103.813	106.600	0.9739	113.622
8	114.138	20	119.507	116.823	106.600	1.0959	127.855
9	109.679	21	103.444	106.562	106.600	0.9996	116.620
10	105.804	22	108.123	106.964	106.600	1.0034	117.063
11	99.957	23	111.091	105.524	106.600	0.9899	115.488
12	95.620	24	105.153	100.387	106.600	0.9417	109.865
SUMA DEMANDA PROMEDIO/MES				1.279.200			
DEMANDA ESPERADA AÑO 3				1.400.000			

El punto de equilibrio lo podemos calcular directamente, dado que se trata de una empresa que fabrica una línea de caretas similares; por lo tanto, se asume que se fabrica un solo tipo de producto.

- **Costos fijos** = \$30.000.000/mes
- **Costos variables unitarios** = \$ 675/unidad
- **Precio unitario de venta** = \$ 2,000/unidad
- **Margen** = \$ 1,325/unidad

$$QE = f / (p-v)$$

- **QE** = 22,641 unidades/mes

Para calcular la capacidad, debemos conocer la velocidad a la que se fabrican las caretas en cada uno de los procesos consecutivos. En la ilustración siguiente se puede hacer dicho análisis:

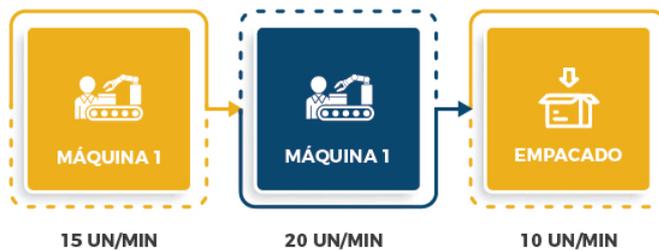


Ilustración 72.
Capacidad del proceso

El sistema es secuencial, es decir, se requieren todos los procesos a la vez, lo que incluye un trabajador en cada uno de dichos procesos. La capacidad del proceso es de 10 unidades/minuto, ya que es el proceso más lento o la restricción. La micro-empresa trabaja 24 días al mes en promedio.

- **Capacidad diaria** = (10 un/min.) * (60 min/hora) * (6 horas/día) = 3,600 un/día
- **Capacidad mensual** = (3,600 un/día) * 24 días/mes = 86,400 un/mes

ITEM	UN / MES
Punto de equilibrio (unid)	22,641
Capacidad	86,400
Demanda promedio	116,667

Tabla 16.
Comparativo del punto de equilibrio

El punto de equilibrio está por debajo de la capacidad y de la demanda, por lo tanto, la empresa tiene viabilidad operativa.

El lector podrá apreciar que hay un faltante mes a mes, lo que significa que la demanda planeada es superior a la capacidad utilizada.

Dada la información disponible, se puede considerar de tres alternativas. El asunto ahora se reduce a cómo se entiende la cantidad faltante, dado que, con la capacidad utilizable actualmente, pueden fabricarse 86,400 unidades mensuales de la demanda de cada mes.

Los costos unitarios para cada una de las tres alternativas serán:

- **Horas extras:** $(6,250 - 5,000) (\$/op) \times 3 op / (600 un) = 6.25 \$/un$
- **Maquila:** $(330 - 300 - 25) \$/un = 5 \$/un$
- **Outsourcing:** $(6.600 - 5.000) (\$/op) \times 3 op / (660 un) = 7.27 \$/un$

Mes	Faltante un/mes	DEMANDA		
		Horas extras 6,25	Maquila 5,00	Outsourcing 7,25
Enero	32.553	203.456	162.765	236.009
Febrero	34.933	218.331	174.665	253.264
Marzo	27.665	172.906	138.325	200.571
Abril	23.640	147.750	118.200	171.390
Mayo	27.805	173.781	139.025	201.586
Junio	34.490	215.563	172.450	250.053
Julio	27.222	170.138	136.110	197.360
Agosto	41.455	259.094	207.275	300.549
Septiembre	30.220	188.875	151.100	219.095
Octubre	30.663	191.644	153.315	222.307
Noviembre	29.088	181.800	145.440	210.888
Diciembre	23.465	146.656	117.325	170.121
TOTALES		2.269.994	1.815.995	2.633.193

Tabla 18. Alternativas de producción
Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre los costos anuales de los tres planes no es diferencial. El mejor plan desde el punto de vista del costo sería la maquila. Adicionalmente, hay que tener presente que nunca se ha cuestionado la calidad del maquilador.

La decisión de contratar por modalidad outsourcing, requiere revisar la conveniencia de esta alternativa desde diferentes perspectivas, tales como: la calificación del personal operativo de las máquinas, el clima laboral y otros elementos que son responsabilidad de la dirección.

Las horas extras son una decisión que suena interesante, la dirección debería revisar las implicaciones y responsabilidades de tener que trabajar horas extras todos los días. La programación de las operaciones podrían complicarse teniendo en cuenta que hay que trabajar tres empleados a la vez en tres turnos.

La alternativa de no hacer las caretas sería muy costosa. Es preciso recordar que las ventas son el único signo positivo en los estados de resultados (Brito Aguilar, 2014) por lo tanto, esta decisión implicaría dejar de percibir una importante cantidad de ingresos. En total, se dejarían de producir y vender 363.199 caretas, con una utilidad no percibida de \$ 363.199.000.

Quizá la mejor propuesta para la empresa sea cambiar la política de mantenimiento y orden, para aumentar la utilización de la capacidad de 6 a 8 horas diarias. La capacidad diaria pasaría de 3.600 unidades diarias a 4.800 unidades diarias. Mensualmente, la capacidad en los 24 días, pasaría de 86.400 unidades mensuales a 115.200 unidades mensuales. Esta cifra estaría muy próxima a las metas mensuales de producción; el poco faltante que quedaría podría hacerse por horas extras.

Una última alternativa podría ser contratar personal para operar solo los días sábados. Dado que no se tiene información sobre lo que implica contratar y despedir, no es posible evaluarse esta opción. De todas formas, desde el punto de vista de lo que representa no hacer el faltante, cualquier otra alternativa resulta viable desde el punto de vista económico.



1. PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO (JAT)
 - 1.1. VALOR AGREGADO
 - 1.2. UNA DEFINICIÓN DE JUSTO A TIEMPO
2. MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING o LM)
3. TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES (TOC)
 - 3.1. DEFINICIÓN
4. PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS MATERIALES (MRP)

Giuseppe Vanoni Martínez
Jorge Brito Aguilar
Iván Gomez Gómez
Martha Guerrero Carrasco

1. Producción justo a tiempo (JAT)

La filosofía JAT pretende reducir o eliminar la mayor cantidad posible de desperdicio en compras, fabricación, distribución y apoyo a la fabricación, sea una empresa de manufactura o de servicios. Se logra con la utilización de los cuatro principios básicos: flujo continuo, calidad total, participación de los empleados y mantenimiento preventivo total (Schonberger, 1989).

Estos cuatro principios son los que definen, en la práctica, a las empresas de categoría mundial. Su utilización está enfocada a empresas con producción continua o empresas enfocadas al producto.

En cierto sentido, el JAT es una forma de programar la producción de una planta. No es recomendable para empresas cuyo sistema productivo sea de taller, aunque es posible aprovechar muchos de sus conceptos.

VALOR AGREGADO

Como punto de partida, definiremos qué es desperdicio. La mejor definición -en el presente trabajo- la encontramos en la frase “desperdicio es todo lo que no se necesita para hacer lo que tenemos que hacer”. Es lo que hacemos de más, lo que pagamos de más, lo que guardamos y no usamos, es todo lo que no necesitamos para hacer bien las cosas.

La idea de “agregar valor” a un producto o servicio la entenderemos como las adiciones absolutamente necesarias al proceso de transformación, que cada vez nos acerquen más al resultado esperado. Es hacer y utilizar sólo lo que necesitamos. Es todo aquello por lo cual un cliente está dispuesto a pagar más (Hay, 1989).

Distingamos entre agregar valor y generar desperdicio. Si el proceso de transformación nos acerca al resultado, estamos generando valor, pero si ese proceso de transformación nos aleja del resultado, entonces se genera desperdicio. En síntesis, el proceso de transformación física de un producto o de satisfacción en un servicio tiene dos opciones mutuamente excluyentes en cada una de sus actividades: actividades que generan valor o actividades que generan desperdicio.

Desperdicio es todo lo contrario al valor agregado. Desperdicio es la mala utilización de los recursos y/o posibilidades de las empresas. Se desperdicia tanto horas de trabajo por ineficacia en la programación y planificación de las tareas, como también se desperdician posibilidades de ganar nuevos mercados por carecer de productos de calidad o por exceso en sus costos de producción. “Desperdicio es todo lo que no se necesita para hacer lo que tenemos que hacer”.

Con el propósito de evidenciar el concepto de desperdicio en éste capítulo, mencionaremos la definición empleada por Toyota: “Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción”.

Si analizamos todas las actividades de un proceso (trabajo), podemos hacer una matriz comparando la eficiencia de la actividad, para encontrar cuales deben eliminarse y cuales deben mejorarse. A esta matriz se le conoce como matriz del desperdicio.

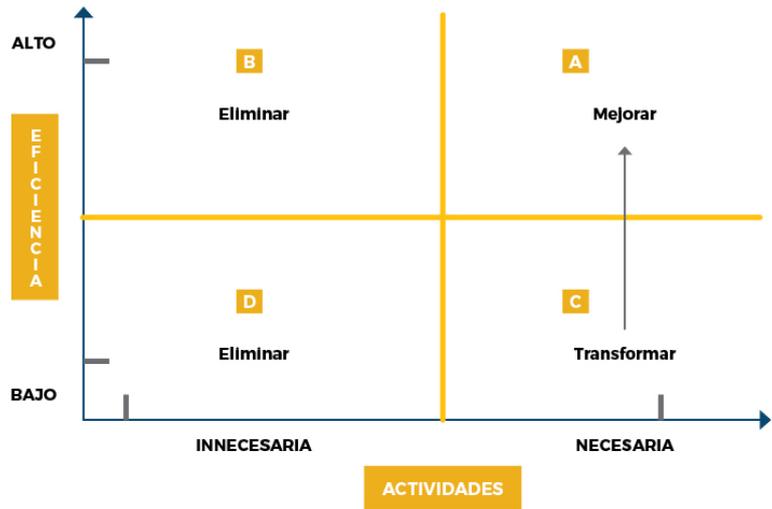


Ilustración 73. Matriz de desperdicio

Fuente: Con base en <https://iso90.wordpress.com>

UNA DEFINICIÓN DE JUSTO A TIEMPO

El JAT enfoca todo proceso de fabricación con dos estrategias básicas: Eliminar toda actividad innecesaria o fuente de desperdicio (desperdicio) y fabricar lo que se necesite, cuando se necesite y con la máxima calidad. Los “cinco ceros” representan una sistematización de las metas planteadas en una fabricación JAT:

- CERO Defectos
- CERO Averías
- CERO Stocks
- CERO Plazos
- CERO Papel

Justo a tiempo es “Producir lo que se necesita, cuando se necesita, en la cantidad que se necesita. Nada más” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009). Esta definición, como puede observarse, está estrictamente ligada con la generación de valor. Así que la filosofía JAT es una filosofía para agregar valor al producto y en contra de todo lo que sea desperdicio.

Implica producir sólo exactamente lo necesario para cumplir lo que pide el cliente, es decir producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de almacenaje. Esto se logra porque las existencias mínimas y suficientes llegan justo a tiempo para reponer las que acaban de utilizarse, minimizando el inventario de producto terminado.

Los principios fundamentales del JAT son: flujo, calidad, mantenimiento y compromiso.

Flujo y sincronización.

La línea de ensamble de Henry Ford es el fundamento del flujo. La línea de ensamble en el JAT está pensada para que trabaje en el último momento posible, ya que una operación debe estar completa y lista para pasar a la siguiente estación exactamente cuándo se necesita, no antes ni después, pero cuando la estación no necesita la unidad, entonces la operación anterior deja de fabricarla (Hay, 1989).

Esta forma de operar tiene varias ventajas, entre las que se resalta la eliminación de inventarios en proceso y se privilegian la sincronización, el flujo y el equilibrio con muy poco desperdicio. Entre las facilidades de ésta metodología, se encuentra la poca necesidad de programación detallada, dado que hay un efecto de jalón, solo cuando se requiere el producto, no antes. Esto lleva implícita la capacidad de producción, pues no se trata de tener un sistema con procesos (estaciones u operaciones) que tienen su propia velocidad, sino que todos ellos van al ritmo, a la rapidez que el sistema mismo requiere. No se hace nada si no se necesita, ese es el mensaje.



Ilustración 74. Sistema de halar
Fuente: <http://tecnicodesmt.blogspot.com>

Lo usual es que las distribuciones de los procesos estén asignadas formando una U, con la cual se obtiene no solo un flujo apropiado, sino una comunicación y apoyo entre las diferentes estaciones.

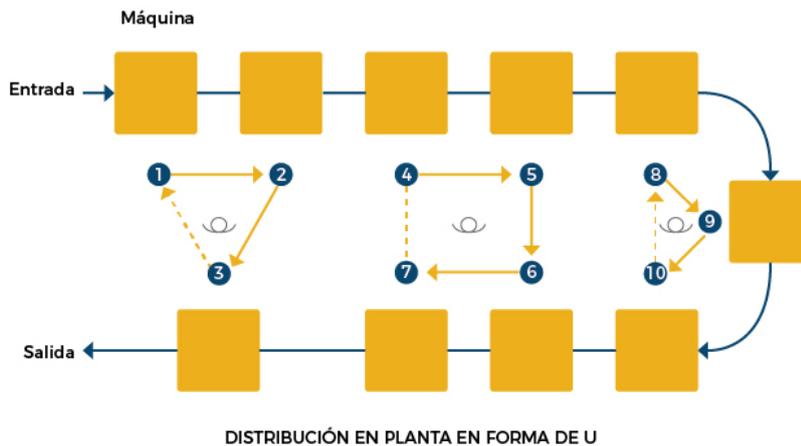


Ilustración 75.
Distribución celular

En el JAT, el concepto de capacidad tiene una serie de implicaciones. Una de ellas es que no hay que hacer uso de toda la capacidad (ritmo de producción), sino que ésta debe ajustarse a las necesidades del cliente, a la demanda. A esto se le conoce como carga fabril uniforme, concepto que hace énfasis en que la velocidad de producción se aumenta o disminuye según la cantidad que el cliente requiera de cada uno de los productos. La programación de la operación se establece con base en la demanda diaria de cada producto.

En el caso de las caretas de la empresa D.La.Cara, recordemos que la demanda oscilaba mes a mes entre 109.865 y 127.855 unidades mensuales. La empresa debe garantizar que puede hacer todas las unidades que los clientes piden, por lo tanto, debe ajustar su capacidad a toda la necesidad, así sea con horas extras.

El caso del mes de diciembre con 109.865 unidades, se parte de que estas unidades corresponden a varias referencias de caretas, que se deben producir y vender en 24 días hábiles. La tabla siguiente muestra la demanda del mes de diciembre con las diferentes referencias de caretas.

Tabla 19. Demanda mensual de caretas en diciembre
Fuente: Elaboración propia

REFERENCIA	DEMANDA MENSUAL
A	66.000
B	22.000
C	11.000
D	10.865
TOTAL	109.865

La demanda diaria es de 4.578, pero distribuida en las cuatro referencias, por lo tanto, debe hacer diariamente la cantidad correspondiente, así:

Tabla 20. Plan diario de operaciones para caretas
Fuente: Elaboración propia

REFERENCIA	DEMANDA DIARIA
A	2.750
B	917
C	459
D	453
TOTAL	4.578

El plan de operaciones diario, durante el mes de diciembre, sería: producir primero 2.750 unidades la referencia A; luego 917 unidades de la referencia B; posteriormente 459 unidades de la referencia C y finalmente hacer 453 unidades de la referencia D.

Planes similares se elaboran para cada mes, ajustándose a la demanda de los clientes. Esta es la razón por la cual hay que tratar de estimar muy bien la demanda esperada.

Calidad en la fuente TQM

La calidad es el criterio más importante para JAT, por lo tanto no pueden desligarse las dos. Entendemos calidad como cumplir los requisitos del cliente. Para la metodología justo a tiempo, cumplir con los requisitos del cliente involucra a toda la organización y a sus proveedores.

Para el JAT, calidad en la fuente significa que las cosas siempre se hacen bien desde la primera vez. Esto implica: tener un producto bien diseñado, una rigurosa selección de proveedores y se deben convertir en una extensión de la empresa. Además, dentro de la empresa todos deben estar comprometidos con la calidad, la calidad es de todos. La calidad se produce, no se revisa: ésta es la máxima a tener en cuenta.

Los pasos para tener una excelente calidad, son:

- **Diseño pensando en el cliente:** Escuchar la voz del cliente significa que no diseñamos un producto en el vacío, sino que queremos elaborar un producto que el cliente necesite, que satisfaga sus expectativas. Algunas herramientas que van en esta línea son el diseño QFD y el Desing Thinking, que, si bien no son nuevas, pero siguen siendo muy poderosas.
- **Proveedores certificados:** La materia prima es esencial en los procesos de calidad. Es por esto que los proveedores deben ser tratados como extensiones de la empresa. La negociación con los proveedores no se puede basar en el precio, sino en la calidad y la consistencia. Deben ser negociaciones de largo plazo. Si los materiales son homogéneos, consistentes, confiables y recibidos a tiempo, la calidad está casi que garantizada.
- **Proceso controlado con baja variabilidad:** No se trata solo de tener materiales de calidad. Es necesario que cada proceso dentro de la empresa haga bien cada cosa que debe hacer. Cuando hay un defecto o un error, la línea de producción completa se estropea, pierde la sincronización. El control estadístico del proceso garantiza que los procesos están cumpliendo con lo que se requiere en cantidad y calidad.
- **Atención al mejoramiento:** La perfección es un ideal que siempre debe tenerse en mente, puede que nunca se alcance, pero siempre debe perseguirse. El mejoramiento, con la participación de los empleados, permite crecer cada día, hacer cada vez mejor las cosas. No debería pasar un solo día sin que surja una nueva idea para hacer las cosas. Algunas empresas, para lograr, han instituido planes de estímulos, concursos de mejoramiento, y otras iniciativas.

Estos cuatro pasos de la calidad, en ese orden de implementación, son los que garantizan que el JAT puede ser exitoso en una empresa. La mezcla JAT – Calidad implica que cuando se detecta un problema en la línea, la información sobre el problema llega en cuestión de minutos, no semanas después; lo segundo es que la velocidad va al ritmo de la demanda, el proceso se atiende más lento y se espera mejor calidad como consecuencia de ello; por último, cuando surgen problemas graves, el proceso se detiene antes de seguir fabricando productos defectuosos, hasta corregir el error.

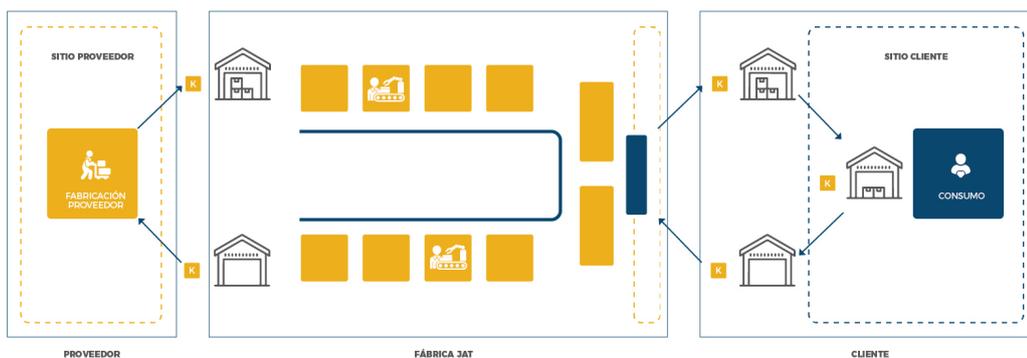


Ilustración 76.
Relación cliente - proveedor

Los proveedores certificados, como extensión de la empresa, entregan la cantidad de materiales que se necesitan: cuando se necesitan y dónde se necesitan, con la calidad pedida. Disponer de los materiales a tiempo y sin problemas de calidad, permite que el sistema productivo funcione con sincronización, dando a su vez respuesta a lo que los clientes piden, cuando lo piden y dónde lo piden.

Uno de los mecanismos utilizados es el movimiento de información a través de las tarjetas kanban. Estas tarjetas funcionan de una manera muy simple como un orden de producción, bajo el concepto de que sólo se pide cuando se necesita.

Mantenimiento productivo total TPM

El mantenimiento en el JAT juega un rol preponderante, tanto como la calidad, el flujo continuo y los empleados. No se trata solo de reparar una máquina cuando se daña. Se trata de prevenir que la máquina se averíe, el tiempo es la variable crítica en todo proceso, sobre todo porque “no se puede comprar unidades de tiempo” (Brito Aguilar, 2018).

Un segundo aspecto en TPM tiene que ver con el alistamiento de las máquinas. Cuando se pasa de hacer un producto de una referencia determinada, a otro producto de otra referencia distinta, es necesario alistar las máquinas. En este punto no se trata únicamente de que las máquinas queden funcionando bien, se trata de que el alistamiento sea lo más rápido posible, lo que se conoce como SMED o alistamiento rápido.

En cuanto al papel del TPM en la filosofía de justo a tiempo, su finalidad es eliminar todas las pérdidas o desperdicios ocasionados por un mal funcionamiento de los equipos, es lograr que todas las máquinas estén disponibles para cuando se necesiten, operando a su máxima capacidad. Al respecto, el autor Hay (1989) menciona seis elementos esenciales:

- **Involucramiento del personal:** los operadores de la máquina son quienes más la conocen. Por esto, el operario tiene un papel clave en el mantenimiento preventivo, es quien informa sobre el desempeño y daños en la máquina, quien propone mejoras.
- **Selección de equipos:** El operario, con su conocimiento del proceso y de la capacidad del mismo, participa en la selección de los equipos y su adecuación.
- **Mantenimiento correctivo:** Mientras el equipo experimenta desgaste por el uso normal, es indispensable irle practicando reparaciones, adecuaciones y mejora para lograr la eficiencia productiva. Se debe considerar la experiencia de los operarios para una decisión de cambio o upgrade de las máquinas.
- **Mantenimiento preventivo:** Tiene que ver con la intervención del operario en las actividades que previenen daños y para de la máquina. La idea es que la máquina se repare antes de que se averíe, para evitar la interferencia con el programa de operaciones.

- **Mantenimiento contra averías:** El operario debe ser capacitado y entrenado en técnicas de primeros auxilios para la máquina y en técnicas para corrección de averías. Pero también debe concientizarse y preparar al operario en técnicas de solución de problemas de mantenimiento, como si se tratara de solución de problemas de calidad.
- **Registros:** En la medida en que el operario lleve registros confiables y válidos sobre paros, averías, costos, se dispondrá de información vital para tomar decisiones sobre el próximo mantenimiento, o quizás para un reemplazo de la máquina.

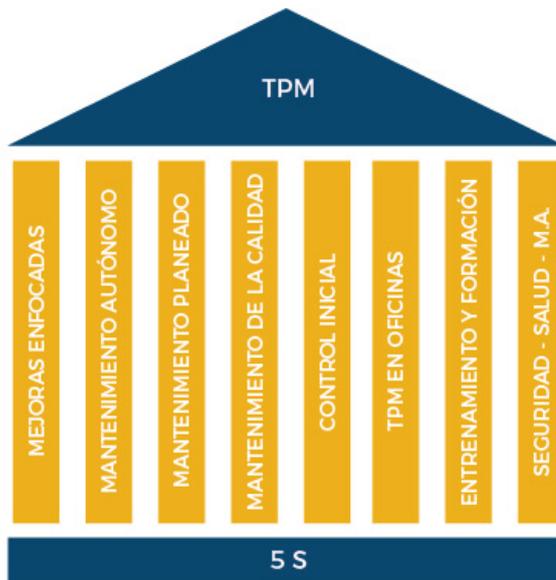


Ilustración 77. Pilares del TPM
Fuente: <http://ctcalidad.blogspot.com>

Como puede observarse en la ilustración anterior, el TPM tiene su base en las 5S, las que se apoyan en ocho pilares fundamentales para lograr el mantenimiento productivo total. El objetivo final del TPM es cero defectos, cero averías y cero accidentes.

Con el cumplimiento de los ocho pilares, la empresa podría convertirse en una fábrica de categoría mundial, es decir, más competitiva y eficiente.

Participación de los empleados.

Para que el JAT opere, para que el TQM sea eficaz, o para que el TPM dé sus resultados, se requiere el compromiso tanto de los directivos como de los empleados.

Quien tiene contacto con las máquinas, con los procesos y con los productos es el operario, por tal razón, es necesario tomarse el tiempo suficiente para seleccionar a los mejores, para hacerlos cada vez mejores y para que permanezcan los mejores.

- **Selección de empleados.** Las técnicas de atracción y selección de talentos desarrolladas en los conceptos y teorías de la Gestión del Talento Humano, permiten acceder a los operarios y empleados talentosos. No todo el mundo sirve para todo, no todo está hecho para todo el mundo.
- **Mantenimiento de empleados.** De forma similar, la Gestión del Talento Humano ha desarrollado estrategias, técnicas y herramientas que ayudan al crecimiento de los empleados en una empresa. Dos aspectos resaltan, por un lado, la capacitación y el entrenamiento permanentes, por otro lado, una buena relación interna con jefes, compañeros y subordinados.
- **Retención de empleados.** Elementos como un buen clima laboral, un buen salario económico y emocional, las estrategias de crecimiento profesional y desarrollo, los planes de motivación y reconocimiento, y la misma participación en diferentes aspectos de la compañía, inciden en que los empleados quieran permanecer y dar lo mejor de sí para bien de la empresa. Se dice que una de las mejores motivaciones en el JAT es la participación de los empleados en las utilidades de la empresa.

Uno de los aspectos que más se desarrolla en la filosofía JAT es la polivalencia o polifuncionalidad, la cual consiste en que los operarios y empleados son entrenados en diferentes actividades, con la finalidad de que participen, apoyen y aporten en el proceso que se requiera, cuando se requiera.

2. Manufactura esbelta (Lean manufacturing o LM)

Se puede decir que el Lean Manufacturing es la versión occidental del Justo a Tiempo. La idea que se pretende comunicar con esta filosofía, es que ella está en una escala superior al JAT. Se define LM (Lean Manufacturing) como una filosofía para operar un negocio, enfocada en la eliminación del desperdicio, con reducción de costos, calidad superior y entregas más rápidas al cliente.

LM se apoya en el Six Sigma para hacer de ella una poderosa mezcla. Se fundamenta en seis principios clave (Leansolutions, 2018):

- **Calidad perfecta a la primera:** Cero defectos, solución de problemas de calidad
- **Minimización del desperdicio:** Optimizar recursos y eliminar desperdicio
- **Mejora continua:** Aumentar productividad, disminuir costos, mejorar calidad
- **Procesos Pull:** No se fuerza la venta, la venta mueve al proceso productivo
- **Flexibilidad:** Volúmenes más bajos de producción con mayor variedad de productos
- **Relación a largo plazo con proveedores:** Compartir costos, riesgos e información



Ilustración 78. Estructura del Lean Manufacturing
Fuente: <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>

El objetivo del LM es fabricar productos de alta calidad, al costo más bajo posible y en el menor tiempo posible. Busca integrar todas las operaciones posibles en un sistema productivo, enfocado en agregar valor (Socconini, 2015).

3. Teoría de las restricciones (TOC)⁹

¿Cuál es el objetivo de toda organización? Desde una perspectiva económica, si una empresa no gana dinero, cualquiera otro de sus objetivos, por más rimbombante y sofisticado que sea, no tendrá sentido. Porque, ¿cómo puede sostenerse una empresa que gana mercados, pero pierde dinero en cada negocio? Esta es una de las preguntas que Eliyahu Goldratt planteó en su libro “La Meta”, que recomendamos leer.

La respuesta que planteó a la pregunta del objetivo de toda organización fue muy obvia. Toda empresa busca “ganar dinero”. Esa es su meta, ese es su objetivo. Al proceso ideado por el autor citado se le llamó “Teoría de las Restricciones”. Para alcanzar la meta, toda empresa debe monitorear constantemente, controlar y mejorar sus resultados financieros y sus resultados operativos.

DEFINICIÓN

La Teoría de Restricciones es una metodología científica que permite enfocar las soluciones en función de los problemas críticos de las empresas (sin importar su tamaño o actividad), para que éstas se acerquen a su meta mediante un proceso de

⁹ Este epígrafe se construye con base en el libro La Meta, de Goldratt & Cox, 1998)

mejora continua. Se parte del supuesto de que cualquier sistema tiene al menos una restricción. Si no fuera así, se podría generar una cantidad infinita de productos (lo que es utópico).

TOC se explica más fácilmente a través del uso de la analogía de una “cadena”: “Una cadena es tan resistente como la resistencia de su eslabón más débil”, Al entender una organización como una cadena donde cada área, proceso o departamento es un “eslabón”, nos cuestionamos sobre qué restricciones tiene la empresa para conseguir la meta. ¿Cómo manejar esta situación? TOC recomienda que al concentrarnos en gestionar el eslabón más débil (la restricción), podremos lograr un mejoramiento sustancial en la organización.

Si la restricción determina la velocidad de la habilidad de la empresa para alcanzar su meta, tiene entonces sentido concentrarse en cómo mejorar la restricción, de manera que se acelere el ritmo para alcanzar la meta, la cual es ganar dinero ahora y en el futuro a través de las ventas. Recordemos que la Teoría de las restricciones nos invita a responder una pregunta estratégica ¿Cuál es entonces la meta? “La meta de las empresas es ganar dinero, no ahorrar dinero” (Goldratt & Cox, 1998).

Si se piensa que una empresa está para un propósito más grande que “reducir inventarios” y “reducir costos”, entonces para poder realizar un proceso sustancial hacia el logro de “la meta” se debe hacer crecer la empresa, enfrentando las restricciones de forma lógica y sistemática. Goldratt & Cox (1998) presentan su teoría como un proceso de mejoramiento continuo muy particular, el cual consiste en pasar por un ciclo de mejora indefinido.



Ilustración 79. Ciclo de mejora según TOC
Fuente: Elaboración propia con base en Goldratt & Cox

El concepto de restricción se refiere a la velocidad de un proceso, pero también puede identificarse como un recurso limitado. El nombre que se le da a una restricción es “cuello de botella”, debido a que limita la velocidad a la que se produce un bien o se presta un servicio.

- **Identificar la restricción:** Este paso consiste en encontrar el cuello de botella. Un recurso limitado o cuello de botella es aquel cuya demanda es superior a su capacidad. Se diferencia a un recurso CB de un recurso activado, pues hay procesos que pueden estar trabajando mucho pero no son restricción real.
- **Explotar la restricción:** Se trata en este paso de buscar todas las formas posibles para mejorar el uso, la eficiencia, del recurso limitado. El tiempo que se pierde en un cuello de botella se pierde para todo el sistema, por esto es necesario eliminar cualquier desperdicio que entorpezca el proceso restrictivo. Este proceso nunca debería detenerse mientras tenga demanda.
- **Subordinar a la restricción:** El tiempo que se gana en un proceso que no sea cuello de botella, es un espejismo. Todos los procesos que no sean cuello de botella, deben programarse y coordinarse para favorecer al proceso restrictivo. La regla del correccaminos que establece TOC, es: Si un proceso tiene algo que hacer, que lo haga rápido; si tiene varias cosas, que lo haga por orden de llegada; si no tiene nada que hacer, que no haga nada.
- **Elevar la restricción:** No es suficiente con que se eliminen los desperdicios de un cuello de botella. Este paso se enfoca en mejorar la restricción, aumentando su capacidad con diferentes estrategias. Si se reduce la restricción (o sea, si se aumenta su capacidad), todo el sistema mejora.
- **Reiniciar el ciclo si cambia la restricción:** Si en el paso anterior se logró mejorar el cuello de botella hasta el punto de disponer de una capacidad superior a su demanda, significa que ahora la restricción pasó a otro proceso, que incluso podría ser el mismo mercado. Es necesario anotar que no existe ningún sistema con capacidad infinita, por lo tanto, siempre habrá algún recurso o proceso que limite.

Otro de los grandes aportes de TOC a la Administración está en la nueva forma de gestionar y medir las finanzas. La filosofía de la Teoría de Restricciones, contradice a la Contabilidad de Costos tradicional, pero ofrece una nueva perspectiva de análisis. Los tres elementos clave de la gestión, son:

- **Throughput (T):** Es la velocidad a la que entra dinero a la empresa debido a las ventas. Es la tasa a la que el sistema genera dinero por medio de las ventas. No se trata solo de producir, es necesario que se venda para que haya ingresos para la empresa. Se puede entender como el margen de ganancia en cada producto, o sea, el precio de venta menos los materiales.
- **Inventario (I):** Es todo el dinero que se invierte en el sistema para comprar cosas que se van a vender. Para poder vender, es necesario tener algo, ese algo se compra o se fabrica. En inventario se considera todas las salidas de dinero en materiales y otros recursos consumibles: stocks e infraestructura. Es lo que la empresa compra y pretende vender.
- **Gasto de Operación:** Hace referencia a todo el dinero que se usa en el sistema, para transformar el inventario en ventas, para convertir el inventario en Throughput. Son las salidas de dinero por concepto de transformación de inventarios en ventas (nómina y gastos de fabricación). Son los recursos que consume el sistema.

La nueva contabilización se lleva a cabo con las siguientes conceptos y formulaciones, medidos todos en el mismo período de tiempo:

- Costo totalmente variable son los materiales o materia prima (CV)
- Precio de venta es el ingreso por la venta de un producto (P)
- Throughput se asimila al margen o ganancia (T)
- Inventario incluye cuentas como caja, cuentas por cobrar, depreciación, inventarios (I)
- Gastos de operación para funcionamiento sin importar el volumen de producción (GO)
- Beneficio neto es lo que le queda a la empresa al final del período (BN)

$$T = P - CV$$

$$BN = T - GO$$

$$ROI = \frac{\sum (BN)}{I}$$

$$Pt = \frac{\sum (T)}{\sum (GO)}$$

En el caso que se venía analizando de D.La.Cara, tenemos que el precio de venta es de \$2,000, el costo de los materiales es de \$675 y los gastos operativos serían de \$325, provenientes de los costos de MOD + CIF y el inventario (I) sería el costo mensual de los inventarios de materiales, que se estiman en \$6,362,000 mensuales (según el lote económico de materiales, con una demanda mensual promedio de 106,600 + los costos fijos de 30,000,000).

- $P = \$2,000/\text{un}$; $CV = \$675/\text{un}$; $GO = \$325/\text{un}$; $I = 6,362,000$
- $T = P - CV = 2,000 - 675 = \$1,325/\text{un}$
- $BN = T - GO = 1,325 - 325 = \$1,000/\text{un}$
- $ROI = (1,000\$/\text{un} \times 106,600\text{un}) / (\$30,000,000 + \$6,362,000) = 293.16\%$
- $Pt = (1,000\$/\text{un} \times 106,600\text{un}) / (106,600\text{un} \times 325\$/\text{un}) = 307.69\%$

Estas cifras son válidas en el caso de la empresa de caretas, dado que solo se dedica a producir este artículo. Las condiciones de este negocio particular hacen que sea muy rentable y muy productivo, a pesar de las políticas que ha establecido la dirección.

Como observación final, la metodología TOC puede ser aplicable en prácticamente cualquier tipo de empresa, pero no debe confundirse con la metodología JIT o la metodología LEAN.

Es muy recomendable su uso especialmente en empresas que tienen alta variedad de productos con una demanda no muy alta.

4. Planificación de los recursos materiales (MRP)

Las empresas toman decisiones acerca de cómo gestionar sus operaciones, incluyendo sus inventarios. Entre dichas decisiones, está la forma como se programa y controla cada una de las actividades operativas, y entre las opciones está aplicar JIT, LEAN, TOC. Cada una de ellas tiene sus pros y sus contras.

Una herramienta que puede ser apoyo para dichas metodologías, es el denominado MRP, el cual consiste en mantener un programa muy controlado de los tiempos e inventarios en relación con las necesidades que van surgiendo de componentes, sub-ensambles y productos finales.

MRP funciona bien y se recomienda especialmente en industrias productivas, donde predomine (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009):

- El ensamble y no la fabricación como tal
- La demanda del producto terminado no sea muy pequeña en el año
- Un alto nivel de estandarización del producto, pero no son muy complejos

Una de las grandes implicaciones de esta herramienta es que el manejo de los inventarios obedece a una lógica particular, donde el foco apunta la separación de los productos finales como demanda independiente, y a los sub-ensambles y componentes como inventario dependiente. Para aplicar apropiadamente el MRP, se siguen unos pasos generales, y unos cálculos específicos:

Lista de materiales (BOM):

La descomposición a detalle de todos los ensambles, sub-ensambles, partes y materiales que componen el producto y las cantidades de cada uno de estos, presentados de una forma estructurada. El BOM es el elemento clave del MRP, dado que a través de éste se comprende la demanda dependiente de cada parte en relación con el producto padre o demanda independiente.

En el caso de las caretas, el BOM (Bill of Materials) para tres tipos de producto final, sería:



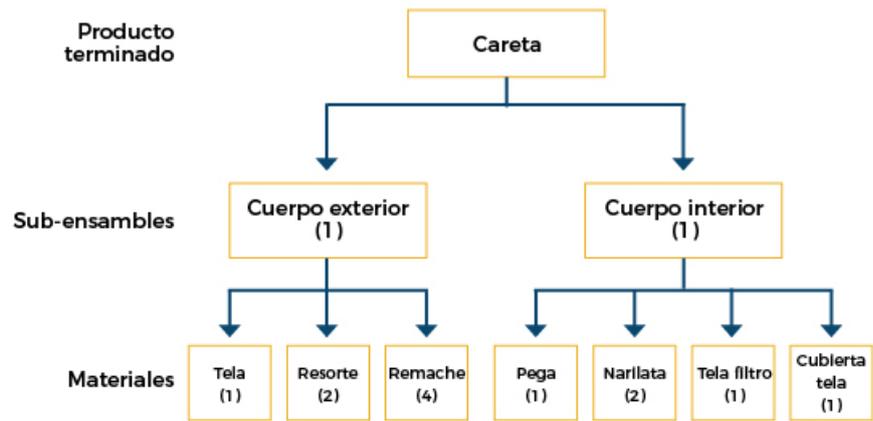


Ilustración 80. Estructura BOM para caretas
Fuente: Imágenes de internet (s.f.), estructura, elaboración propia

Información del producto:

Se recolecta toda la información relacionada con el producto, como la demanda independiente del producto final, el tiempo de abastecimiento de cada elemento, el estado del inventario del producto final, el estado del inventario de cada elemento, los inventarios de seguridad y el horizonte de planeación (tiempo en que debe desarrollarse el MRP). Esta información es la que permite elaborar el horizonte de planeación, a través del cual se hace la explosión de materiales o emisión de órdenes.

Explosión de materiales:

Se lleva a cabo una serie de cálculos que permiten bajo unos parámetros y una lógica específica, determinar a través de órdenes de compra y órdenes de producción, cuándo y en qué cantidades se debe conseguir cada uno de los materiales, sub-ensambles y ensambles.

El resultado de la explosión de materiales es emitir las órdenes de fabricación o de compra de cada uno de los elementos, con la finalidad de no permitir agotados y lograr hacer la producción detallada según lo programado.

La explosión determina qué cantidades debe hacerse o comprarse en cada intervalo de tiempo (generalmente semanas) en el horizonte de planeación detallada.

Siguiendo con el ejemplo de las caretas, tenemos para los primeros tres meses:

Mes	Demanda / mensual	Demanda / semanal	Lead time (días)	Disponible	Inv. Seg.
Enero	118,953	29,738	0	0	0
Febrero	121,333	30,333	0	0	0
Marzo	114,065	28,516	0	0	0

Tabla 21. Demanda o necesidades netas del producto padre
Fuente: Elaboración propia

Elemento	Lead time (días)	Disponible	Inv. Seg.
Resorte	1	0	0
Remache	1	0	0
Tela	0	0	0
Pega	0	0	0
Narilata	0	0	0
Tela filtro	0	0	0
Cubierta	0	0	0

Tabla 22. Información de los componentes y elementos del MRP

Fuente: Elaboración propia

La demanda mensual se divide en 4 semanas ya que el cálculo normalmente se hace semanal, lo que nos da la necesidad bruta. El lead time, se asume en cero (0) dado que la fabricación es en minutos y no en días, la disponibilidad y el stock de seguridad se asumen en cero (0) pues no hay inventario inicial ni se requiere inventario de seguridad.

Los cálculos con el software apropiado, arrojan las siguientes órdenes de fabricación para las primeras 12 semanas:

	Cuerpo 1	Cuerpo 2	Resorte	Remache
1	29,738	29,738	59,476	118,952
2	29,738	29,738	59,476	118,952
3	29,738	29,738	59,476	118,952
4	29,738	29,738	59,476	118,952
5	30,333	30,333	60,666	121,332
6	30,333	30,333	60,666	121,332
7	30,333	30,333	60,666	121,332
8	30,333	30,333	60,666	121,332
9	28,516	28,516	57,032	114,064
10	28,516	28,516	57,032	114,064
11	28,516	28,516	57,032	114,064
12	28,516	28,516	57,032	114,064

Tabla 23. Informe de emisión de órdenes

Fuente: Elaboración propia

Dado que en el caso de las caretas las necesidades son muy predecibles y el proceso es lineal, la aplicación del MRP es tan simple que incluso podría obviarse. Esto mismo no ocurre cuando se trata de una mezcla de productos con elementos diferentes, donde realmente se puede evidenciar la potencia de la herramienta de Planeación de los Recursos de Materiales.



1. CADENA DE ABASTECIMIENTO

1.1. CANAL DE DISTRIBUCIÓN

1.2. RED LOGÍSTICA

2. UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES)

2.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR FACTORES

2.2. MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Andrés Gómez Ríos
Iván Gómez Gómez
Jorge Brito Aguilar
Giuseppe Vanoni Martínez

1. Cadena de abastecimiento

Cada empresa debe hacer llegar sus productos o prestar sus servicios a sus clientes. DE esto se trata la logística, pero para comprender el concepto, se debe primero identificar los sus componentes y la interacciones entre ellos. Partamos de la siguiente ilustración:

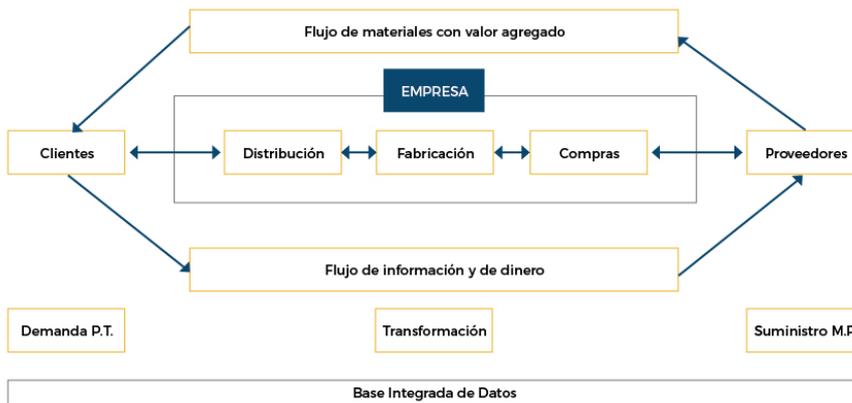


Ilustración 81. Logística Integral
Fuente: Elaboración propia

Las empresas para cumplir su misión, deben proveerse de materiales e insumos, los cuales transforman en productos y servicios que deben ser entregados al cliente. Esto implica que es necesario que fluyan apropiadamente los materiales, los productos, la información y el dinero. Este flujo de cosas entre proveedores y clientes, es lo que constituye la logística.

No se trata de simplemente sumar actividades segregadas como Abastecimiento + Transformación + Almacenamiento + Distribución. Se trata realmente de administrar la interacción de dichas actividades en lo que se conoce como Logística Integrada. Cada empresa define su propia logística, lo que significa que cada una define estratégicamente qué proveedores requiere, cómo llega a sus clientes, que instalaciones físicas necesita, dónde deben estar ubicadas, qué modos de transporte utilizará, cómo administrará la demanda, y todos los demás aspectos que tengan que ver con el movimiento de materiales y productos.

Cuando las actividades logísticas de varias empresas interactúan entre ellas, se llega a lo que se conoce como Supply Chain Management (SCM) o Administración de la Cadena de Abastecimiento, en la cual la logística propia de una empresa interactúa con la logística de sus proveedores y clientes.

- **Cliente:** Es la persona o la empresa que recibe un producto o un servicio a cambio de una compensación en dinero.
- **Consumidor:** Se denomina así a la persona o empresa que utiliza o hace uso de lo que compra a un proveedor.

- **Proveedor:** Se entiende como la persona o la empresa que entrega un producto o un servicio a cambio de una compensación en dinero.
- **Empresa:** Es la encargada de transformar unos materiales e insumos en productos o servicios que el cliente o consumidor requieren.

La selección de proveedores es algo que no debe tomarse a la ligera. Un proveedor existe porque ninguna empresa es autosuficiente, lo que significa que no dispone de todos los recursos o materiales requeridos para su actividad y de los que no dispone, debe conseguir externamente. Cuando la adquisición de materiales e insumos se hace de manera permanente, el proveedor debería ser considerado como una extensión de la empresa, por lo tanto, la calidad y oportunidad de sus entregas debe establecerse de forma clara y precisa.

El Área de Marketing define, estratégicamente, quiénes son sus clientes y dónde están. Así mismo, Marketing define conjuntamente con Logística, la forma de cómo se va a llegar a dichos clientes y consumidores. La respuesta a esta pregunta conduce a la definición y estructuración de los canales de distribución (intermediarios) y la red logística (modos de transporte y almacenamiento).

1.1. CANAL DE DISTRIBUCIÓN

En el canal de distribución se define por parte de la empresa, qué intermediarios estarán involucrados en la relación con el cliente final o consumidor. Cada empresa define en qué canal participa, o si crea uno nuevo. Dependiendo del tipo de producto y de la ubicación de los clientes, un canal puede ser más apropiado que otro.

Siempre estará en discusión quién es el dueño de un canal. Lo cierto es que la participación en alguno en particular, tendrá influencia directa sobre la rapidez con que se abastece a los clientes finales o consumidores, y determinará el precio final al que le llegará dicho producto o servicio al consumidor, por lo que afectará positiva o negativamente la demanda.

Para comprender mejor el concepto de intermediación, analicemos lo que le pasa a una empresa que desea llegar con un producto de consumo masivo a sus diferentes consumidores quienes están ubicados en diferentes lugares de una ciudad. En contraposición, analicemos lo que le sucede a una familia que requiere un producto de consumo masivo que solo suministra una única empresa.

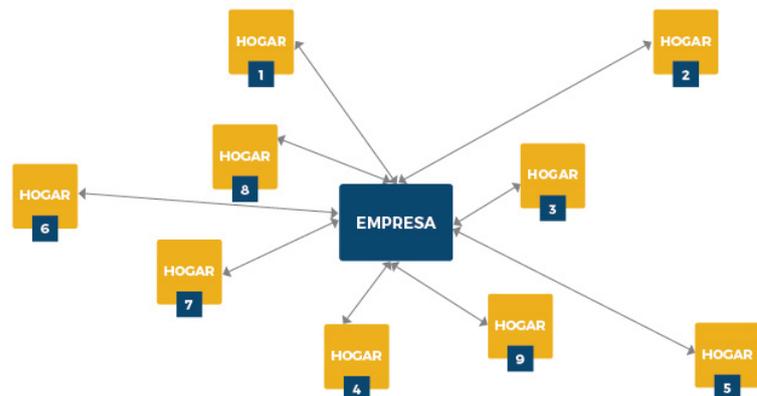


Ilustración 82. Entrega directa
Fuente: Elaboración propia

En el caso de la figura anterior, se trata de entregar directamente al cliente. Si la empresa quisiera llegar a cada uno de sus clientes finales, la cantidad de interacciones sería bastante amplia. Suponga que son 100 hogares que demandan diariamente el producto, esto implicaría 100 entregas diarias, con todo lo que ello implica.

La empresa anterior, podría tomar como decisión utilizar la intermediación de otra empresa. Esto significa que el intermediario venderá el producto no solo de una empresa, sino que interactuará con varias empresas a la vez, con la finalidad de suministrar más fácilmente al consumidor o cliente final el producto.

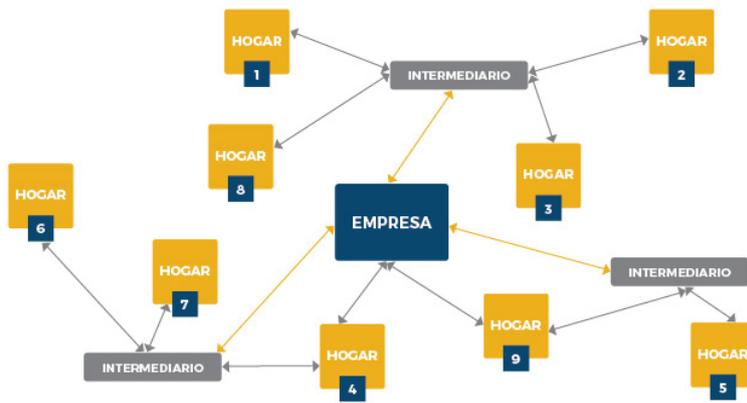


Ilustración 83. Intermediación
Fuente: Elaboración propia

Con la aparición de los intermediarios, tres en el ejemplo, los clientes o consumidores finales tendrán el producto más cerca y a disposición de cuando lo requiera. Los intermediarios, a cambio de una ganancia, almacenarán el producto para que esté disponible siempre, y a su vez le facilitará a la empresa con menos interacciones, llegar al cliente final sin tener que atenderlo de forma directa y repetitiva.

Pero, ¿cuántos intermediarios debe tener una empresa? Esa es una decisión estratégica. Todo depende del tipo de producto, del precio final al consumidor que se desee tener, de la capacidad de producción, de la vida útil del producto y otro sin número de factores. Esta decisión es la que se conoce como canal de distribución, que en últimas significa cuántos intermediarios se desea tener entre la empresa productora y sus consumidores finales.



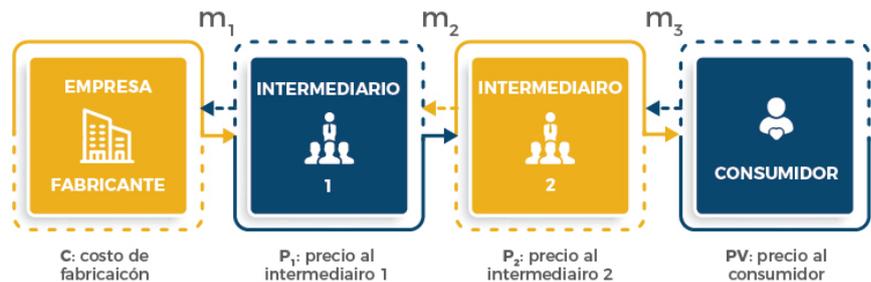
Ilustración 84. Canales de Distribución
Fuente: Elaboración propia

El concepto de canal de distribución hace referencia a la forma como los proveedores o fabricantes, hacen llegar sus productos al consumidor final. Así mismo, según el canal de distribución seleccionado, el proveedor o fabricante conocerá más o menos a su cliente final o consumidor, tendrá mayor o menor control del precio final de venta del producto influirá o no en la demanda, logrará que su producto esté más o menos disponible.

Como norma, el canal ideal es aquel en el cual, al menor costo posible y en el menor tiempo, el cliente recibe sus productos. Esto indica la idea de que es necesario eliminar los intermediarios y sólo permitir la participación de los contribuyentes a la cadena, esto es, a los que realmente hacen parte de ella por razones estratégicas o tácticas.

En la medida en que más intermediarios haya en un canal, el precio final al consumidor será incrementado debido a los márgenes que cada uno desea obtener.

Ilustración 85. Precio final
Fuente: Elaboración propia



El fabricante tiene un margen m_1 el cual agrega al costo C de su producto para obtener alguna utilidad frente al intermediario 1 para vendérselo al precio P_1 . A su vez, el intermediario 1 tiene un margen m_2 que agrega al producto comprado para obtener su utilidad y venderlo entonces a P_2 al intermediario 2. Por último, el intermediario 2 agrega su margen m_3 al producto, para venderlo al consumidor final con su ganancia, al precio PV .

Según la metodología utilizada en la asignación de precios por parte de cada intermediario, el precio de venta final PV al consumidor se calcula de una de estas dos formas:

$$PV = C (1 + m_1) (1 + m_2) (1 + m_3)$$

$$PV = \frac{C}{(1 - m_1) (1 - m_2) (1 - m_3)}$$

La reflexión a que nos lleva esta realidad es que el precio final al consumidor se verá incrementado por cada intermediario que haga parte del canal, lo que debe ser considerado en la planeación estratégica de la empresa pues esto en últimas influirá en la demanda final del producto.

1.2. RED LOGÍSTICA

Si bien es cierto el canal de distribución responde a la pregunta de cómo llegarle al cliente en el sentido comercial, la red logística da respuesta a la pregunta de cómo hacer que el producto esté disponible.

La red logística hace alusión a las actividades que una empresa lleva a cabo en relación con la entrega física del producto a los sus clientes para que siempre estén disponibles. Está conformada por la interacción entre producción, almacenamiento y venta. Diseñar la red logística de una empresa es un asunto absolutamente estratégico.

Acá es donde se está definiendo la capacidad no solo en términos de producción, sino sobre todo en términos de cumplimiento a sus clientes en lo relacionado con la oportunidad, la cantidad y el costo.

- ¿Cuántas plantas de fabricación debe haber? ¿Dónde deben estar ubicadas?
- ¿Qué tan cerca estarán los proveedores?
- ¿Habrá centros de distribución (CD)? ¿Cuántos habrá? ¿Dónde ubicarlos?
- ¿Se tendrá puntos de venta (POS)? ¿Cuántos y dónde deben estar?
- ¿Qué tan cercanos deberán estar de los clientes?
- ¿Qué modos de transporte se deben usar?
- ¿El transporte será propio o tercerizado?

Estas son algunas de las preguntas que deben hacerse para determinar y estructurar la red logística de una empresa. Como se puede observar, el canal de distribución seleccionada tendrá una influencia en la forma como se define la red logística.

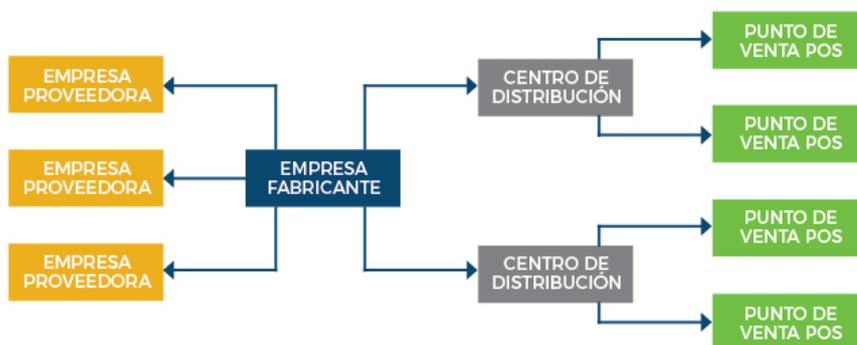


Ilustración 86. Red Logística
Fuente: Elaboración propia

Una red logística no es estática, sino que debe constantemente reevaluarse, debido a los cambios en la demanda, la disponibilidad de recursos o incluso los mismos cambios tecnológicos. La red debe considerarse como una ventaja competitiva, pues de su buen diseño y gestión dependerán la oportunidad y calidad de las entregas a los clientes finales.

2. Ubicación de las instalaciones

Una empresa nueva tendrá que responder a la pregunta crucial ¿dónde debemos localizar nuestras instalaciones? Es de suponerse que la respuesta a este cuestionamiento se haga después de tener claro cuáles serán sus productos, cómo será el proceso productivo y qué capacidad actual y futura se requerirá. El objetivo será encontrar un sitio o región que favorezca la rentabilidad de las operaciones, así como la respuesta al cliente en tiempo, cantidad y calidad. Así mismo, la empresa, una vez definida su red logística, deberá contestar a la pregunta de dónde ubicar su centro de distribución y sus puntos de venta. La decisión de ubicación de las instalaciones es, por lo tanto, una decisión estratégica.

La localización de una instalación puede estar en función de la necesidad de producir cerca del cliente debido básicamente a los costos de transporte, o puede obedecer a la necesidad de instalarse cerca de la fuente de la mano de obra (por conocimiento o costos) o cerca de la fuente de materiales (suministros). Así que hay una serie de criterios que influirán en la decisión de localización, tales como proximidad a los clientes, ambiente comercial, costo total, infraestructura, calidad del recurso humano o cercanía a proveedores.

Algunos de los métodos utilizados para decidir la localización:

- Sistema de clasificación por factores
- Método del centro de gravedad
- Método del punto de equilibrio
- Modelo del transporte de la programación lineal
- Método Delphi

2.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR FACTORES

De una manera muy genérica, este método permite seleccionar entre alternativas para múltiples propósitos. Su uso es relativamente sencillo e intuitivo

Un factor se entiende como cualquier aspecto clave que tenga una influencia estratégica para el negocio. En otras palabras, es como una lista de los aspectos que tendrán influencia en la relación de la empresa con sus clientes y proveedores. Este sistema es ideal para desarrollarse en equipos de trabajo, con discusiones apropiadas según lo vaya exigiendo cada situación.

Se ha identificado una enorme lista de dichos factores, entre los que se pueden resaltar:

- Medios de transporte.
- Costos de transporte.
- Accesibilidad a la zona.
- Disponibilidad de recurso humano.
- Costos del recurso humano.
- Cercanía de las fuentes de abastecimiento.
- Clima y entorno ambiental.
- Cercanía del mercado.

- Disponibilidad de terrenos.
- Costo de terrenos.
- Topografía de suelos.
- Estructura de impuestos.
- Sistema legal.
- Comunicaciones.
- Seguridad
- Condiciones de vida en la región
- Disponibilidad de agua y energía
- Disponibilidad de combustibles
- Posibilidad de desprenderse de desechos
- Posibilidad de expansión
- Disponibilidad de parqueaderos
- Facilidad de cargue y descargue
- Restricciones de circulación
- Costo de los servicios públicos
- Etc.

La metodología que se sigue es así (Bureau Veritas Formación):

- Seleccionar las posibles alternativas de localización
- Seleccionar los factores que tengan impacto para la empresa.
- Ordenan de mayor a menor importancia los factores (jerarquizar).
- Asignar a cada factor una ponderación relativa según la importancia
- Para cada alternativa asignar una calificación según cada factor
- Hallar la puntuación de cada alternativa y seleccionar la mejor de ellas

En la fábrica de caretas D.La.Cara, se está discutiendo la posibilidad de colocar un punto de venta al público para sus diferentes productos. El asunto es que el dueño no está seguro cuál sea la mejor alternativa entre las tres alternativas que tiene: la zona norte, la zona occidental o la zona sur de la ciudad.

Aplicando la metodología, se obtiene la siguiente información:

Factores	Ponderación		Evaluación de alternativas		
	Mínimo	Máximo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cercanía a los clientes objetivo	0	400	99	219	20
Distancia de la planta	0	300	363	400	91
Congestión vehicular	0	250	240	248	210
Seguridad de la zona	0	230	80	329	298
Facilidad de cargue vehicular	0	200	82	234	312
Acceso a parqueaderos	0	150	306	337	245
Canon de arrendamiento	0	100	97	350	215
Disponibilidad de locales	0	50	107	181	78
Cercanía a la competencia	-200	0	144	400	222
			1518	2698	1691

Tabla 24. Método de factores
Fuente: Elaboración propia

La mejor alternativa, según la evaluación, sería la segunda, pues es la que obtiene una suma de valores mayor.

2.2. MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

En este método se utiliza como factor decisorio solo el costo del transporte. Es empleado especialmente para encontrar la ubicación ideal de un centro de distribución frente a sus puntos de venta. En la técnica de localización se consideran las instalaciones existentes, las distancias que las separan y los volúmenes de artículos que se han de despachar.

El procedimiento empieza colocando las ubicaciones existentes en un sistema de cuadrícula con coordenadas. El objetivo es establecer las distancias relativas entre las ubicaciones. El centro de gravedad se encuentra calculando las coordenadas X e Y que dan por resultado el costo mínimo de transporte.

La formación de la cuadrícula es muy sencilla. No se trata de tener un alto grado de precisión en las cifras, sino de tener una idea aproximada:

- En un mapa general se ubican a escala las instalaciones conocidas.
- Sobre el gráfico se traza la cuadrícula adecuada y luego se lee en ella la ubicación aproximada de cada una de dichas instalaciones.
- Se determinan las coordenadas Cx y Cy que requiere el método de centro de gravedad.
- Cx = Coordenada X del centro de gravedad
- Cy = Coordenada Y del centro de gravedad
- d_{ix} = Coordenada X de la i-ésima ubicación
- d_{iy} = Coordenada Y de la i-ésima ubicación
- V_i = Volumen de artículos movilizados desde o hasta la i-ésima ubicación

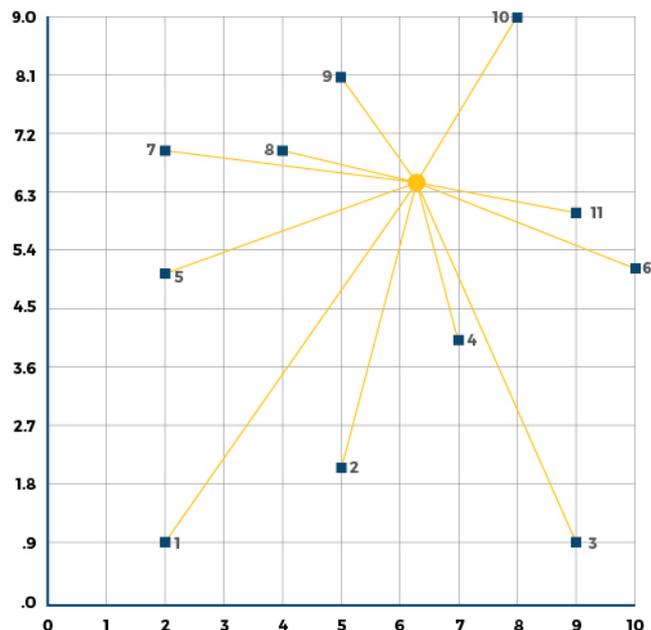


Ilustración 87. Mapa de Centro de Gravedad
Fuente: Elaboración propia

$$C_x = \frac{\sum (d_{ix} \cdot V_i)}{\sum (V_i)}$$

$$C_y = \frac{\sum (d_{iy} \cdot V_i)}{\sum (V_i)}$$

Existen software que, aplicando iteraciones, utiliza esta metodología para encontrar una ubicación no solo de un centro de distribución, sino el cálculo de varios puntos de venta a la vez alrededor de un centro de distribución. Además, es posible considerar no solo el costo sino otros factores como la velocidad de entrega o el tiempo de entrega (Bureau Veritas Formación, págs. 206-210).

Continuando con la empresa D.La.Cara, ha pensado en trasladar sus instalaciones a otra ciudad, pero quiere estar estratégicamente ubicado de sus tres principales clientes, a quienes va a empezar a vender sus caretas con fines de distribución. Llamaremos a los clientes A, B y C, y le daremos el nombre D a la fábrica de caretas.

- Los datos en el mapa, serían:
C (275,380), B (100,300), A (150, 75)
- Estimado de ventas para cada cliente potencial:
A 6,000 unidades
B 8,200 unidades
C 7,000 unidades
- Los cálculos serían:
 $C_x = (150 \times 6000 + 100 \times 8200 + 275 \times 7000) / (6000 + 8200 + 7000) = 172$
 $C_y = (75 \times 6000 + 300 \times 8200 + 380 \times 7000) / 21,200 = 262.7$
 La planta D se debe localizar en las coordenadas (172, 263)



1. INVENTARIOS
2. ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO
3. CLASIFICACIÓN ABC
4. NIVEL DE SERVICIO (NS)
5. NIVEL DE INVENTARIOS (NI)
6. TIEMPO DE ABASTECIMIENTO (LT)
7. INVENTARIO DE SEGURIDAD (IS)
8. COSTOS RELACIONADOS CON EL INVENTARIO
9. MODELO Q
10. MODELO P

Julian Zapata Cortés
Iván Gómez Gómez
Giuseppe Vanoni Martínez
Jorge Brito Aguilar

1. Inventarios

Es la cantidad almacenada de materiales, producto en proceso o producto terminado en una bodega o centro de distribución. Tiene implicaciones como recurso ocioso desde el punto de vista financiero, y, por lo tanto, tiene un valor económico que debe tenerse en consideración. La finalidad de los inventarios es la de soportar las variaciones en la demanda o las variaciones en el tiempo de abastecimiento por parte del proveedor, sea este interno o externo.

Dentro de cualquier bodega, encontramos, normalmente, las siguientes categorías de inventarios:

- **Inventario de Materia Prima:** Inversión de la empresa en los materiales necesarios para el proceso productivo. Tiene una liquidez relativa. Es el eslabón inicial de la cadena logística.
- **Inventario de Productos en Proceso:** Son los materiales que ya han sufrido alguna transformación y que en el momento están almacenados. Su liquidez es menor. La inversión es alta y por tanto debe recuperarse rápidamente.
- **Inventario de Producto Terminado:** Son los productos que vende la empresa al consumidor final. La cantidad depende esencialmente de la proyección de ventas y la programación de la producción. Su liquidez es mayor, pero es importante la racionalización.

2. Administración del inventario

La tendencia actual es mantener inventarios reducidos, o sea, el inventario mínimo necesario. Lo ideal sería que el inventario lo administre el mismo proveedor, o que éste tenga la capacidad suficiente para responder a la demanda. Al respecto, se han surgido metodologías como las plataformas de Cross Dock, las entregas certificadas, las compras JIT, el inventario administrado por el vendedor (VMI).

La decisión de reducir o eliminar el inventario, sea de producto terminado o de materiales, no se debe tomar a la ligera. Una empresa puede ver afectado gravemente sus finanzas por dejar de atender su demanda debido al agotamiento de su inventario. El JIT, la manufactura esbelta o la Teoría de Restricciones, mal aplicada, puede llevar al fracaso.

La función del inventario puede implicar desacoples o desconexiones en las diferentes fases de la labor productiva:

- El inventario de materias primas desconecta al fabricante de sus proveedores.
- El inventario de productos en proceso desconecta las etapas de manufactura.
- El inventario de productos terminados desconecta al fabricante de sus clientes.

Mantener o no inventarios puede ser una discusión de nunca acabar, dadas las dinámicas de cada negocio. Hay razones que justifican mantener artículos en inventario, de las cuales algunas pueden ser más válidas que otras:

- **Protección contra la incertidumbre:** Cuando no hay claridad acerca de la oferta, la demanda, el tiempo de consumo, el tiempo de entrega de proveedores o el tiempo de producción. Esta incertidumbre obliga a mantener existencias mínimas que protegen a la empresa de faltantes. Aunque se conozca la demanda del cliente, no siempre es económicamente ventajoso producir a la misma velocidad del consumo.
- **Economías de escala:** A veces comprar grandes volúmenes implica una significativa reducción de costos. Sin embargo, la tendencia en la industria actual es reducir los tiempos y costos alternando el producto o el proceso, lo cual resulta en lotes más pequeños e inventarios mucho más bajos.
- **Cubrir cambios en la demanda o la oferta:** Los precios o la disponibilidad de materia prima pueden variar con el tiempo. Puede que haya promociones irresistibles que conllevan almacenamiento de grandes volúmenes de materiales comprados. Las empresas pueden aprovisionarse para temporadas para reducir la variación en la mano de obra. Pueden existir compras contra alza, esto es, comprar antes que un producto o materia prima esencial suba de precio. Estos y otros aspectos pueden motivar la presencia de inventario de materia prima o producto terminado para una empresa en razón de los cambios en la demanda y la oferta.
- **Inventario en tránsito:** Los inventarios en tránsito o en vía, son aquellos que se requieren tener en cuenta mientras se trasladan de un sitio distante a otro y que todavía no están disponibles para la venta o el consumo. Están directamente relacionados y afectados por las decisiones en cuanto a la localización y el transporte, pues la distancia y el tiempo de movimiento entre ubicaciones no permite la disponibilidad hasta no llegar a su destino de uso.

Pero hay también elementos de juicio que demuestran aspectos negativos de mantener inventarios que, según la situación, podrían llevar a repercusiones mayores, como lo demuestran la Teoría de Restricciones y la Filosofía Justo a Tiempo. Entre ellas, se encuentran:

- **Altos costos:** Cómo se analizará más adelante, los inventarios generan unos costos de almacenamiento y de compra que, por lo regular, no se contabilizan y por lo tanto se convierten en costos ocultos y se podrían considerar como un desperdicio. Este es uno de los aspectos que el JIT, el Lean Manufacturing y el TOC corrigen con su metodología.
- **Los inventarios en exceso cubren los verdaderos problemas de producción:** La administración de una planta puede tener falencias que no sean muy evidentes, porque la disponibilidad permanente de inventario las encubre. Por ejemplo, artículos defectuosos, devoluciones de productos, máquinas fuera de servicio en la planta, desperdicio de espacio, inexactitud de la información, altos niveles de inventario de seguridad, tiempo de entrega largos, etc.

- **La calidad puede verse seriamente afectada por la vigencia del producto:** El exceso de inventario puede significar que los productos pierdan su vida útil o su vigencia. Un producto percedero podría llegar a su fecha de caducidad y no alcanzar a ser vendido, lo que implicaría pérdidas tanto del producto como de la imagen de la empresa. El manejo de estos productos obedece a unos requerimientos que se denominan Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) e implican una responsabilidad frente a la salud de sus consumidores.
- **Pérdida de valor de los inventarios por obsolescencia, deterioro, mermas:** Cuando un producto no percedero pasa de moda o por el no uso pierde funcionalidad, se dice que hay obsolescencia, que como es claro, ésta se presenta por haber tenido en bodega un producto durante más tiempo del requerido. Otro fenómeno se da con las mermas, que significa que, en ciertos materiales, se presenta disminución de la cantidad debido a situaciones físicas o químicas (evaporación, derrames, etc).

3. Clasificación ABC

Los productos que produce o comercializa una empresa tienen importancias diferentes. Si los miramos desde diferentes ópticas, habrá unos más rentables que otros, pero habrá algunos que tienen una mayor demanda que otros.

El sistema ABC está inspirado en el análisis de Pareto, y en él se trata de agrupar las referencias en orden de importancia para la compañía bajo uno de estos criterios: cantidad de existencias, valores en inventario, volumen de ventas o rotación de los artículos. Esta es una poderosísima herramienta administrativa para control de inventarios. El objetivo es ejercer el mínimo control sobre los inventarios. Dicho de otra forma, concentrar los esfuerzos en los artículos realmente importantes para la compañía. Según su participación, los grupos se clasifican en ABC (de ventas, existencias, valores o rotación) Lo más usual es la clasificación con base en las ventas:

- **Tipo A:** 70% al 80% de las ventas, representado en 10% al 20% de artículos.
- **Tipo B:** 15% al 20% de las ventas, representado en 30% al 40% de los artículos.
- **Tipo C:** 5% al 10% de las ventas, representado en 40% al 50% de los artículos.

La metodología para esta clasificación opera de la siguiente forma:

- Obtener la demanda anual de cada uno de los productos
- Se clasifica cada artículo de mayor a menor según su demanda
- Obtener el total general de en unidades de la demanda de todos los productos
- Obtener el porcentaje de cada artículo sobre el total (frecuencia relativa)
- Clasificar por grupos según la demanda por ABC

Para ilustrarlo mejor, veamos lo que pasa en la fábrica de caretas, donde se clasificaron diez artículos según la demanda:

Códigos	Productos	Demanda (miles %)	%	
022	Anti-polvo FFP1	570.000	40,71	A
068	Anti-polvo FFP2	450.000	32,14	A
027	Respiratoria plegable	150.000	10,71	B
003	Anti-polvo FFP3	90.000	6,43	B
082	Contra ozono	78.000	5,57	B
054	Vapores orgánicos	45000	3,21	C
036	Para pintura	9.000	0,64	C
019	Para lijado	4.000	0,29	C
023	Para construcción	3.000	0,21	C
041	Para fundiciones	1.000	0,07	C
TOTALES		1.400.000	100,0	

Tabla 25. Clasificación ABC
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Demanda	%	Códigos	%
A	170.000	72,86	022-068	20,0
B	53.000	22,71	027-003-082	30,0
C	10.450	4,43	054-036-019-023-041	50,0

Tabla 26. Resumen Clasificación ABC
Fuente: Elaboración propia

El 20% de los códigos (productos tipo A) representan el 72,8% de la demanda, el 30% de los códigos (productos tipo B) corresponden al 22,7% de la demanda, y el 50% de los códigos restantes conforman el 4,5% de la demanda.

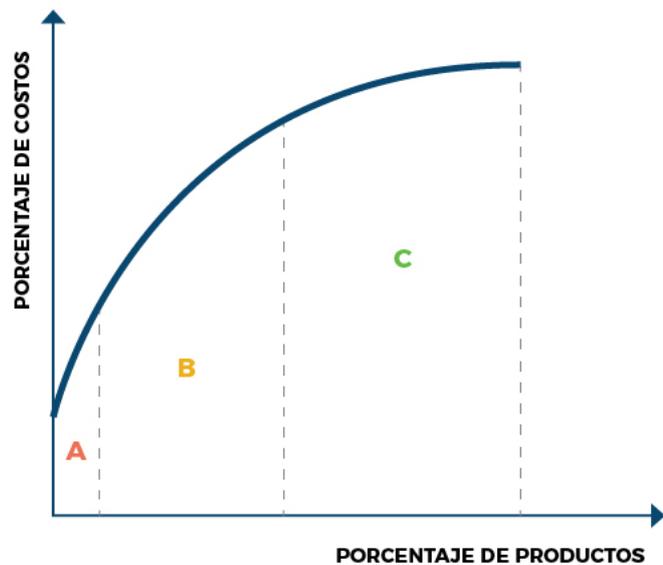


Ilustración 88. Gráfico visual clasificación ABC
Fuente: <https://www.pdcahome.com/analisis-abc/>

La interpretación de esta clasificación tiene que ver con la importancia que los productos tienen en cuanto a su inventario, lo que a su vez implica que el manejo de cada tipo de producto obedece a una lógica particular.

Los productos tipo A son los de mayor movimiento, razón por la cual nunca deberían agotarse, y su ubicación física en la bodega debería ser de fácil acceso para efectos de la eficacia en los despachos.

La clasificación ABC sirve a dos propósitos, primero para orientar los esfuerzos del administrador en la elaboración de la política y de los procedimientos de control del inventario, segundo permitir la asignación del presupuesto y del tiempo del personal en función del valor de los diferentes artículos del almacén.

El modelo ABC se basa en clasificar las existencias en tres categorías:

- **Existencias A.** Son los artículos más importantes para la gestión de aprovisionamiento, forman aproximadamente el 20 % de los artículos del almacén y, en conjunto, pueden sumar del 60 al 80 % del valor total de las existencias. Estas existencias hay que controlarlas y analizarlas estricta y detalladamente, dado que tienen el valor económico más relevante para el aprovisionamiento.
- **Existencias B.** Son existencias menos relevantes para la empresa que las anteriores. A pesar de ello, se debe mantener un sistema de control, pero mucho menos estricto que el anterior. Pueden suponer el 30 % de los artículos del almacén, con un valor de entre el 10 y el 20 % del almacén.
- **Existencias C.** Son existencias que tienen muy poca relevancia para la gestión de aprovisionamiento. Por tanto, no hay que controlarlas específicamente, es suficiente con los métodos más simplificados y aproximados. Representan aproximadamente el 50 % de las existencias de la empresa, pero menos del 5 o 10 % del valor total del almacén.

La idea que subyace tras el modelo ABC es que cada categoría de existencias requiere de un nivel de control diferente; cuanto mayor sea el valor de los elementos inventariados, más estrecho deberá ser ese control:

Como las existencias A suponen una mayor cantidad de recursos inmovilizados deben ser controladas estrechamente. Este tipo de producto jamás debe faltar en el inventario, pero cuidando la excesiva cantidad. Esto suele requerir detallados pronósticos de la demanda, sistemas de inventario continuo y una minuciosa atención a las políticas de compra. Sin embargo, para los elementos de las categorías B y C la mera observación puede ser un método de control válido; para ellas, se pueden emplear modelos periódicos de inventario.

La Administración de Inventarios tiene como meta conciliar o equilibrar los siguientes objetivos:

- Maximizar el servicio al cliente.
- Maximizar la eficiencia de las unidades de compra y producción.
- Minimizar la inversión en inventarios.

Estos objetivos se encuentran potencialmente en conflicto. Un ejemplo de este conflicto lo podemos ver en el ejemplo siguiente:

Una manera de maximizar el servicio a los clientes, es decir satisfacer todos sus requerimientos de productos, es incrementar el tamaño de los inventarios de productos terminados. Aquí puede observarse que se consigue el objetivo “a” pero no se satisface el objetivo “c”. No obstante, existen maneras, probadas en la industria, de equilibrar dichos objetivos.

Los inventarios son activos muy costosos que pueden ser reemplazados con un activo menos costoso llamado información. Para hacer esto la información debe ser exacta, confiable, consistente y debe estar disponible. Reemplazar inventarios con información significa efectuar un uso intensivo, pero adecuado de los sistemas de información para resolver la problemática que confrontan las organizaciones en el manejo de los inventarios.

Se trata de instaurar un eficiente manejo de las transacciones y registros referentes al uso, consumo, movimientos, etc. de los productos, de manera tal de obtener información que permita, entre otras cosas:

- Comprar los ítems sólo cuando se requieran.
- Adquirir solo las cantidades de productos necesarias.

Lo anteriormente planteado permite contestar las preguntas clásicas de la administración de inventarios como lo son: ¿Cuánto comprar? y ¿Cuándo comprar?

De igual forma por medio del procesamiento de estos y otros datos referentes a los ítems en inventario también podemos:

- Efectuar pronósticos acertados de ventas y por ende producir solo las cantidades necesarias y en la oportunidad que estas se requieran.
- Clasificar los productos según su importancia.
- Evaluar permanentemente a los proveedores.

4. Nivel de servicio (NS)

En la logística, el concepto de servicio está asociado a diferentes dimensiones, como son el tiempo de entrega, la calidad de los productos, la cantidad pedida, entre otras. El nivel de servicio o fill rate, es una forma de medir la satisfacción del cliente en una de estas dimensiones.

Se entiende como la intensidad con la cual la empresa desea satisfacer la demanda y por lo tanto es una medición del porcentaje en que se cumple con los pedidos. Se calcula como la relación entre el número de unidades despachadas sobre el número de unidades demandadas y por lo tanto es el grado en que se satisface la demanda.

$$NS = \frac{\text{Unidades despachadas}}{\text{Unidades pedidas}} * 100$$

El valor de este indicador siempre estará entre 0 y 100%. Se mide en unidades y no en dinero. En el caso de la fábrica de caretas, en un mes determinado, la demanda de caretas de sus clientes y los despachos, se muestra a continuación:

Códigos	Productos	Demanda (unid.)	Despacho (unid.)	NS
022	Anti-polvo FFP1	50.000	45.000	90%
068	Anti-polvo FFP2	38.000	38.000	100%
027	Respiratoria plegable	12.500	12.000	96%
003	Anti-polvo FFP3	7.500	7.000	93%
082	Contra ozono	6.500	5.500	85%
054	Vapores orgánicos	3.800	3.000	79%
036	Para pintura	1.000	1.000	100%
019	Para lijado	400	400	100%
023	Para construcción	200	150	75%
041	Para fundiciones	100	100	100%
TOTALES		120.000	112.150	93%

Tabla 27. Medición del Nivel de Servicio
Fuente: Elaboración propia

Al hallar los fill rate de cada producto, se observa que los artículos con menor nivel de servicio son el 023 con 75% y el 054 con el 79%, pero a nivel general, el cumplimiento fue del 93%

El nivel de servicio deseado puede asociarse con una variable aleatoria que cumple con la distribución normal tipificada. La cantidad de desviaciones estándar que relaciona dicho nivel de servicio con la desviación estándar, puede observarse en la siguiente ilustración:

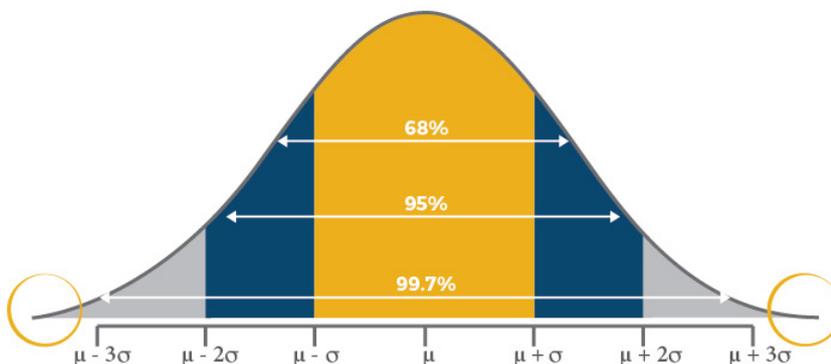


Ilustración 89. Nivel de Servicio como variable estadística
Fuente: <http://calidadcliente.blogspot.com/2017/10/>

Le daremos el nombre de factor de servicio al número de desviaciones estándar σ al que corresponde en la distribución normal tipificada (0,1).

FILL RATE (NS)	FACTOR DE SERVICIO
68,0	1,00
75,0	1,15
85,0	1,44
90,0	1,66
95,0	1,96
98,0	2,33
99,0	2,58
99,9	3,32

Tabla 28. Factor de servicio vs nivel de servicio
Fuente: Elaboración propia

El principal objetivo del manejo de inventarios es asegurar que el producto esté disponible en el momento y en las cantidades deseadas. Normalmente esto se basa en la de cumplimiento a partir del stock actual.

Una forma alternativa de medir el nivel de servicio es considerando la cantidad de unidades agotadas. La forma de cálculo sería entonces así (Ballou, 2004):

$$NS = 1 - \frac{\text{Unidades agotadas}}{\text{Unidades pedidas}} * 100$$

Si controlamos el número esperado de unidades agotadas, estamos controlando el nivel de servicio. Para un artículo en particular es fácil dicho control y dicho cálculo. Los problemas comienzan cuando un cliente solicita diferentes artículos de una sola vez, por lo que la probabilidad de surtir todo el pedido puede resultar menor de lo deseado.

Por ejemplo, un cliente requiere cinco artículos con una tasa de surtido o nivel de servicio de 95% (5% de probabilidad de que no esté en existencias), la probabilidad de surtir el pedido completo será:

$$\blacksquare 0.95 \times 0.95 \times 0.95 \times 0.95 \times 0.95 = 0.77$$

El nivel de servicio del pedido resulta ser menor que los niveles individuales de servicio.

5. Nivel de inventarios (NI)

Para comprender el concepto de nivel de inventario, se partirá de un símil con un tanque que almacena agua. En este tanque hay un grifo con el que se ingresa el líquido y hay otro grifo a través del cual se saca líquido del tanque, ellos representarán la oferta y la demanda.



Ilustración 90. Comparación del inventario con un tanque
Fuente: Elaboración propia

El tanque está conectado a una entrada y a una salida. La entrada (abastecimiento) corresponde a la tasa de oferta del proveedor. El tanque es el sitio donde se guarda el líquido hasta que se requiera. La salida (consumo) corresponde a la tasa de demanda. Según la velocidad a la que ingresa y sale simultáneamente el líquido, habrá un nivel determinado en ese momento específico. De la misma manera funciona un inventario.

El nivel de agua corresponde al Inventario. El flujo que entra es análogo a la tasa de oferta O , que sería el abastecimiento. El flujo que sale corresponde a la demanda D , que corresponde al consumo. Si $D > O$ el nivel de agua baja hasta que la tasa D y O se equilibren o se agote el agua. De la misma manera funciona el nivel de inventario en una bodega. Los límites predeterminados de las cantidades por almacenar; varían entre un nivel máximo y un nivel mínimo. La determinación de estos dos niveles depende del consumo anual, de la tasa de agotamiento, del costo unitario del producto o de las demoras en la entrega.

6. Tiempo de abastecimiento (LT)

El inventario proviene desde un proveedor (materia prima) o desde una planta de fabricación (producto terminado). Pero no llega de forma instantánea, sino que hay un lapso entre el momento de solicitar el artículo y su llegada. El tiempo que transcurre desde que se emite una orden hasta que el cliente la recibe, se conoce como lead time, tiempo de reposición, tiempo de suministro o tiempo de ciclo.

Este lapso contiene todos los eventos relacionados con el tiempo que los procesos requieren hasta que el cliente reciba el pedido con los productos, tales como tiempo de transmisión, tiempo de procesamiento del pedido, tiempo de ensablado del pedido, disponibilidad de inventario, tiempo de producción y tiempo de entrega.

Para efectos prácticos, el tiempo de abastecimiento (lead time) lo entenderemos como el promedio de duración en el despacho de los pedidos, por lo tanto, tiene asociado una desviación estándar y una distribución estadística.

7. Inventario de seguridad (IS)

Es la cantidad de artículos que debe mantenerse en inventario con la finalidad de impedir la interrupción (agotamiento) en el suministro, causado por demoras en las entregas o por una demanda imprevista. Se le conoce a veces como colchón o stock de seguridad.

El Inventario de Seguridad está ligado al nivel de servicio (NS), a las fluctuaciones de la demanda (D) y a las demoras en las entregas (LT). Si se desea tener un mayor NS, será necesario un mayor IS. La fórmula de cálculo sería (Ballou, 2004):

$$IS = Z \sqrt{(LT \cdot sd^2 + Di^2 \cdot st^2)}$$

- LT es el lead time promedio (a veces se identifica como TR o tiempo de reposición)
- St es la desviación estándar del lead time LT (generalmente expresada en días)
- Di es la demanda diaria (durante el lead time)
- Sd es la desviación estándar de la demanda diaria
- Z son el # de desviaciones estándar (factor de servicio) según el NS esperado

Como este cálculo tiende a ofrecer cifras significativamente altas, algunos autores proponen basar los cálculos con base en el tiempo mayor entre la variación de la demanda y la variación del lead time.

El resultado serían dos fórmulas alternativas que arrojarán cifras menos precisas, pero más fáciles de calcular, las cuales se obtienen de la formulación original asumiendo en cada caso la otra variable como fija:

- **La primera:** El IS que se debe manejar cuando hay incertidumbre en la demanda, pero el LT es casi constante, el pronóstico tiene demasiada variabilidad, pero el lead time es fijo (es el caso más frecuente):

$$IS = Z Sd \sqrt{LT}$$

- **La segunda:** El IS puede calcularse, considerando que el tiempo de reposición LT tiene mucha incertidumbre, pero la demanda es constante (es la situación menos frecuente):

$$IS = Z \sigma_t D_i$$

Veamos un caso sencillo para la fábrica de caretas. Uno de los insumos que su utiliza es un tipo de filtro muy especializado. La tabla siguiente muestra las compras mensuales y el LT del proveedor de los filtros.

Mes	Demanda (unidades)	Lead Time (días)
Enero	90	3
Febrero	110	5
Marzo	120	6
Abril	80	4
Mayo	100	3
Junio	100	3

Tabla 29. Lead time en la compra de filtros
Fuente: Elaboración propia

Tenemos en total 6 entregas del proveedor, una en casa mes. Por tanto, el LT o tiempo de reposición del proveedor es de 24 días en 6 entregas, o sea, 4 días en promedio. Este será el valor que se utilice para medir el tiempo de demora en cada entrega, que, aunque no es muy constante, tampoco es demasiado variable, dado que su desviación estándar de la muestra sería de 1,2649.

8. Costos relacionados con el inventario

En las actividades de la logística de una bodega, se identifican especialmente tres procesos grandes: la compra, el almacenamiento y la distribución.

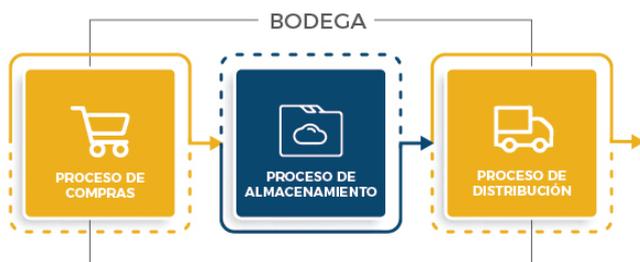


Ilustración 91. Procesos logísticos en la bodega
Fuente: Elaboración propia

Como cualquier proceso, pueden identificarse en ellos unos recursos, unas entradas y unas salidas. Dos indicadores clave de estos procesos son el tiempo de ciclo de cada uno de ellos y los costos involucrados en cada uno de ellos.

Proceso de compras: Inicia con la emisión de cada orden de compra o de producción en el departamento o área de compras y termina cuando el material o el producto está disponible para ser utilizado o almacenado.

Incluye el contacto con los proveedores, la formalización de los pedidos, el transporte hasta la recepción, las actividades de recibo y el registro de la información. Los recursos más significativos que se involucran en este proceso son:

- Tiempo del personal dedicado a las compras
- Comunicaciones (celulares, internet, telefonía fija, radio comunicación)
- Espacio físico utilizado para el proceso de compras (oficina y recepción)
- Costo del abastecimiento (transportes, seguros, escoltas)
- Depreciación de muebles y equipos destinados al proceso de comprar
- Software (licenciamiento y mantenimiento)
- Mantenimiento de instalaciones y equipos del proceso de compras
- Costos de energía y combustible
- Proceso de recepción (conteo, verificación e inspecciones)

Se hallan todos los costos relacionados con el proceso de comprar durante el año, y se obtiene el número de pedidos u órdenes de compra que se hicieron durante ese mismo año. El indicador que se obtiene es el de Costo Unitario de Ordenar o Co.

$$Co = \frac{\text{Costos totales de comprar en el año}}{\text{Número de pedidos en el año}}$$

Con este indicador se tiene un valor de los que se gasta, en promedio, cada vez que se hace un pedido o se hace una orden de producción (según sea el caso)

Proceso de almacenamiento: Una vez que el material o el producto ha pasado el proceso de recepción, con todas las actividades que la compra y revisión impliquen, se da comienzo al proceso de almacenamiento, el cual implica todas las actividades que tienen que ver con el empaquetamiento de los artículos, la marcación, el transporte interno en la bodega, el registro de la ubicación, el conteo de unidades o toma física.

El proceso incluye la preparación de los pedidos o picking, el empaque de los pedidos o packing y la separación según las necesidades del cliente o destelle. Termina cuando el producto está listo para ser llevado al cliente. Este proceso involucra principalmente los siguientes recursos:

- Costo de oportunidad por el capital inmovilizado
- Uso del espacio (alquileres, depreciación, mantenimiento, impuestos)
- Tiempo de las personas para controlar, manipular y despachar
- Depreciación de equipos, instalaciones y herramientas
- Mantenimiento de equipos e instalaciones

- Utilización del software (licenciamiento y mantenimiento)
- Obsolescencia, deterioro, mermas, hurtos, ruptura de stock (agotados)
- Energía y combustibles

Se hallan todos los costos relacionados con la manipulación de materiales y productos en la bodega, y se calcula el inventario promedio en pesos, para determinar lo que se conoce como factor de almacenamiento M.

$$M = \frac{\text{Unidades despachadas} \times \text{Costos totales de almacenamiento en el año}}{\text{Inventario promedio en el año}} \times 100$$

El inventario promedio en el año, se calcula no en unidades sino en valores, de la siguiente forma:

$$\text{Inv. Prom.} = \frac{I_0 + I_1 + I_2 + \dots + I_{12}}{13}$$

De una manera menos técnica, a veces se usa el artificio de la mediana, así:

$$\text{Inv. Prom.} = \frac{I_0 + I_{12}}{2}$$

Donde I_0 es el inventario con que se inicia el año, I_1, I_2, \dots, I_{12} son los inventarios a final de cada uno de los 12 meses del año. A los costos de pedir se les conoce también como costos de ordenar o de comprar, y a los costos de almacenamiento se les conoce también como costos de sostenimiento.

Estos dos costos, tienen matemáticamente comportamientos diferentes, pues los de almacenamiento aumentan mientras más unidades haya, en tanto que los de comprar disminuyen mientras más unidades se compran. Lo que se busca es el equilibrio entre los dos costos, llamado “meta de minimización de costos” o “lote económico”.

Definiremos, el lote económico EOQ como la cantidad a pedir o producir que minimiza los costos totales relacionados con el inventario.

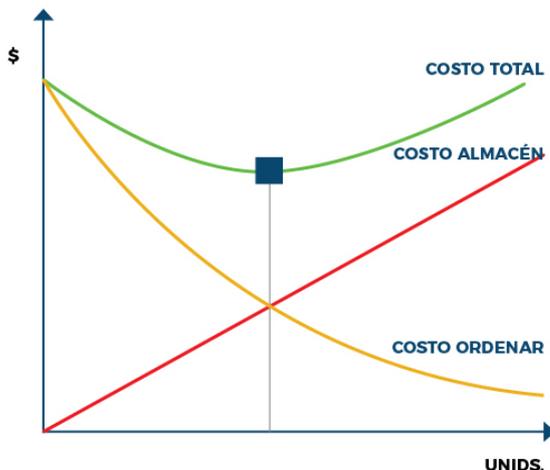


Ilustración 92. Meta de minimización de costos

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el punto de intersección de los costos de sostenimiento y de pedido, se cruzan en el punto mínimo de la curva de costo total.

Surgen entonces dos inquietudes, ¿cuántas unidades pedir? ¿cuándo se deben pedir esas unidades? Estas preguntas se resuelven matemáticamente, hallando el punto de que equilibra los dos costos, de la siguiente ecuación:

$$CT = (Q/2) pM + (D/Q) Co$$

- CT es el costo total de almacenamiento en el año
- Q es la cantidad que se ordena
- p es el costo unitario del producto a considerar
- M es el factor de almacenamiento
- D es la demanda anual del producto a considerar
- Co es el costo unitario promedio de hacer una orden

9. Modelo Q

El modelo Q o modelo EOQ es aquel que responde a las dos preguntas “cuánto pedir” y cuándo pedir. Se realiza una intervención al inventario cada vez que haya un rebasamiento del nivel mínimo, esto es, del punto de re-orden. Se usa especialmente para los productos tipo A y eventualmente para los productos tipo B. Por esta razón se le llama modelo de revisión continua. La formulación matemática es la siguiente:

¿Cuánto pedir? Contestamos a este interrogante con la cantidad que minimiza los costos totales (lote económico), el cual se deriva matemáticamente así:

$$Q_o = \sqrt{(2DCo / pM)}$$

$$Q_o = \sqrt{(2DCo / H)}$$

De la ecuación anterior se halla la cantidad que debe pedirse, con la seguridad que minimizará los costos de almacenamiento y de ordenar. Pedimos “Qo” unidades cada vez que lleguemos al nivel mínimo de inventario deseado (inventario mínimo), las cuales llegarán LT días después, antes de que se agote todo el stock. A veces se llama costo de almacenamiento anual (identificado con la letra H) al producto de p.M.

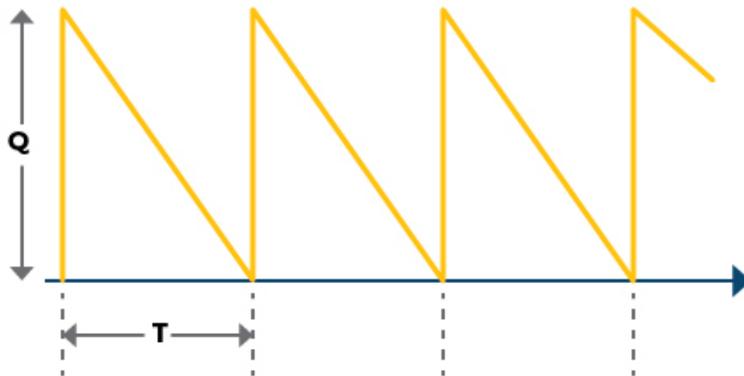


Ilustración 93. Cantidad a pedir
Fuente: Elaboración propia

¿Cuándo pedir? Este interrogante lo contestaremos con el punto de re-orden o punto de formulación del pedido ROP, el cual indica en qué momento debemos hacer nuestro pedido. Para contestar esta pregunta, se requiere conocer el LT y el IS. Se responde la pregunta, entonces, en aquel nivel de inventarios en almacén y en tránsito, suficientes para el consumo máximo durante el tiempo de reposición.

$$ROP = D_i.LT + IS$$

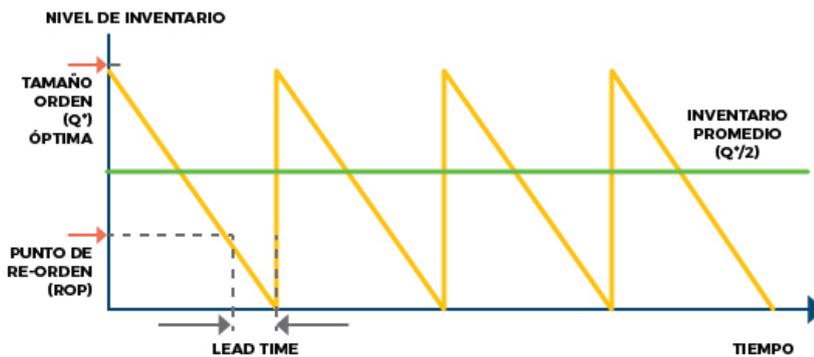


Ilustración 94. Punto de formulación de un pedido
Fuente: <http://www.investigacionde-operaciones.net/eq.html>

10. Modelo P

El modelo P busca, de forma diferente al modelo EOQ, establecer un período de revisión, por lo que se le llama también modelo de revisión periódica. Lo que busca este modelo es asignar un tiempo fijo en el cual se hace la revisión de las cantidades en inventario, para pedir lo que falta hasta completar una cantidad objetivo.

Las ecuaciones usadas son:

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

$$Q_o = \sqrt{(2DCo / pM)}$$

$$NI = Di (LT + R) + IS$$

El modelo dice que cada vez que transcurra un tiempo $LT + R$ se hace un pedido correspondiente a la diferencia entre NI menos lo que haya en ese momento de nivel de inventario. Este modelo es recomendable especialmente para los productos tipo C y eventualmente para algunos productos tipo B

En el caso de la fábrica de caretas, el proveedor de resortes de la marca “Stretch”, demora alrededor de 4 días en promedio para atender los pedidos. La calidad del producto es muy buena, así que no se requieren inspecciones de recibo. Los libros contables muestran que los costos totales del área de compras ascienden a \$12 millones anuales, tiempo en el cual se realizan por lo menos 100 pedidos.

El inventario promedio de insumos durante el año es de unos \$15 millones y los costos anuales de almacenamiento ascienden a unos 3 millones. Cada resorte se compra a \$500. Utilizando el modelo EOQ, determine cuándo pedir y cuántas unidades pedir de los resortes. No se maneja inventario de seguridad porque los resortes se pueden conseguir fácilmente de otros proveedores. El consumo anual durante los 300 días que laboran en el año, es de 1.2 millones de unidades.

■ **Cuánto pedir:** $Q_o = \sqrt{(2DCo / pM)}$

■ **Cuándo pedir:** $ROP = Di.LT + IS$

■ $D = 1.200.000$ un/año

■ $Di = 4.000$ un/día

■ $p = \$500$

■ $M = \$3.000.000 / \$15.000.000 = 0.2 \rightarrow M = 20\%$

■ $LT = 4$ días

■ $IS = 0$ un

■ $Co = \$12.000.000 / 100$ pedidos $\rightarrow Co = 120.000$ \$/pedido

■ Reemplazando en las fórmulas, tenemos:

$Q_o = 53.665$ unidades/pedido. **ROP** = 16.000 unidades

La política de inventarios para los resortes Stretch sería que hay que pedir 53.665 unidades cuando el nivel de inventario llegue a 16.000 unidades, con un tiempo de suministro de 4 días.

- Alba, A. (2018). Obtenido de <https://innolandia.es/design-thinking-a-fondo-prototipar/>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*. México: Perason Educación.
- Bohan, W. F., & García, A. (2003). El poder oculto de la productividad: cómo mejorar la productividad en un 30%, sin tener que despedir a nadie (No. 658.5.b676p). Norma.
- Brito Aguilar, J. (2014). Las ventas el único signo positivo en el flujo de efectivo. FENOPINA Online. N° 64. ESPOL/FCSH/CICE.
- Veritas, B. (2009). *Logística Integral*. Fundación Confemetal.
- Collier, D. A. & Evans, J. R. (2009). *Administración de Operaciones*. 2da. Ed. México D.F. México. CENAGE.
- Crosby, P. B. (1994). *La calidad no cuesta. El arte de cerciorarse de la calidad – Quality is free. The Art of making Quality certain*. (No. 658-562-C949E). Compañía Editorial Continental.
- Chase, R., Aquilano, N., & Jacobs, F. (s.f.). (2009). *Administración de Producción y Operaciones, Manufactura y Servicios*. McGraw Hill.
- Deming, W. E., & Medina, J. N. (1989). *Calidad, Productividad y Comnpetitividad: La salida de la crisis*. Ediciones Díaz de Santos.
- Design Thinking en Español. (2018). Obtenido de <https://designthinking.es/inicio/index.php>
- Drucker, P. (2018). *Essential Drucker*. London. U.K. Rootledge.
- FAO. (2018). FAO.org. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s00.htm#Contents>
- FAO, C. OIT. (2012). *Empleo y condiciones de trabajo de mujeres temporales agrícolas*. 2.
- García Melón, Cloquell Ballesteros & Gómez Navarro, T. (2001). *Metodología el diseño industrial*. Valencia-España. Universidad Politécnica.
- Gerencie.com. (2018). <https://www.gerencie.com>. Obtenido de <https://www.gerencie.com/roi.html>
- [gestiondeoperaciones.net](https://www.gestiondeoperaciones.net). (2018). <https://www.gestiondeoperaciones.net>. Obtenido de <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/metodo-de-descomposicion-aplicado-para-un-pronostico-de-demanda/>
- Goldratt, E., & Cox, J. (1998). *La Meta, un proceso de mejora continua*. México: Ediciones Castillo.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2007). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Ciudad de México: McGraw Hill.
- Hay, E. (1989). *Justo a Tiempo, La técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Editorial Norma.

- Heizer, J. & Render, B. (2009). *Production and operations manager, strategies and tactics*. New Jersey. U.S. Prentice Hall.
- IG Group Limited. (2018). IG Group Limited. Obtenido de <https://www.ig.com/es/glosario-trading/definicion-de-inversion-de-capital>
- Iglesias, Y. (2018). Obtenido de <https://designthinking.gal/el-mapa-de-empatia/ingenioempresa.com>. (2018). ingenioempresa.com. Obtenido de <https://ingenioempresa.com/medicion-error-pronostico/>
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. & Malhotra, M. K. (2008). *Operations Management: Process and supply chains*. New Jersey. U.S. Pearson Education.
- Kume, H. (2007). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Norma.
- Leansolutions. (2018). Leansolutions. Obtenido de <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>
- LN Creativida y Tecnología. (s.f.). Obtenido de <https://www.luisan.net/blog/dise-no-grafico/que-es-design-thinking>
- Lucidchart. (2018). LucidChart.com. Obtenido de <https://www.lucidchart.com/pages/es/qu%C3%A9-es-un-diagrama-de-flujo>
- Muñoz Negron, D. (2009). *Enfoque de Administración de procesos de negocios*. España. Cengage Learning.
- Muther, R. (1965). *Distribución en Planta* (No. TS155 M8e).
- Neuronilla. (2018). Fundación Neuronilla para la Creatividad y la innovación. Obtenido de <https://www.neuronilla.com/scamper/>
- Proyectate Ahora. (2018). Proyectate ahora. Obtenido de <http://www.proyectateahora.com/tecnicas-creativas/scamper/>
- Render, B., & Heizer, J. (2004). *Principios de Administración de Operaciones*. Pearson Educación.
- Rodriguez Morales, L. (2004). *Diseño: estrategia y táctica*. Mexico. Sigli XXI.
- Santos, D. (2018). GoConqr. Obtenido de <https://www.goconqr.com/es/examtime/blog/como-hacer-un-mapa-mental/>
- Schonberger, R. (1989). *Manufactura de Categoría Mundial*. Editorial Norma.
- Socconini, L. (2015). *Lean Company, Más allá de la manufactura*. Bogotá: Carvajal Soluciones Educativas.
- Sule, D. R., Palos, E., & Pozo, V. G. (2001). *Instalaciones de Manufactura: Ubicación, planeación y diseño*. Thomson.
- Thinkersco. (2018). <https://thinkersco.com>. Obtenido de <https://thinkersco.com/comunidad/herramientas/testear/matriz-de-feedback>
- Uribe, L. Gerencie.com

 UIDE

Universidad Internacional del Ecuador
Guayaquil

www.uide.edu.ec

ISBN: 978-9942-36-891-1



9 789942 368911