

CAPÍTULO

3

Estudio técnico

Objetivo general

Al concluir el estudio de este capítulo el alumno aplicará las partes y técnicas que se emplean al realizar un estudio técnico dentro de la evaluación de un proyecto.

Objetivos específicos

Identificar las partes que conforman un estudio técnico.
Describir tres métodos para representar un proceso.
Explicar cuáles son los factores relevantes para la adquisición de equipo y maquinaria.
Explicar las principales características de los métodos cualitativos y cuantitativos que se emplean en la localización de una planta.
Mencionar cuáles son los factores determinantes del tamaño de una planta.
Señalar en qué consiste el método SLP para la distribución de una planta.
Explicar la importancia que tienen los aspectos jurídico y de organización en la evaluación de un proyecto.

Objetivos y generalidades del estudio técnico. Partes que lo conforman

Los objetivos del análisis técnico-operativo de un proyecto son los siguientes:

- Verificar la posibilidad técnica de la fabricación del producto que se pretende.
- Analizar y determinar el tamaño, la localización, los equipos, las instalaciones y la organización óptimos requeridos para realizar la producción.

Enfoque en competencias

Creatividad e innovación

El diseño de una planta de manufactura y la optimización de todas sus áreas, incluso las actividades que se realizan en cada una de ellas, es una de las partes de la metodología de la evaluación de proyectos más desafiantes, a la vez que es la más apropiada para verdaderos ingenieros.

Aquí debe entenderse a la palabra *ingeniero* en *su* acepción original, esto es, un verdadero ingeniero no es aquella persona que ha estudiado o estudia una licenciatura en ingeniería, sino aquella que realmente es ingeniosa para resolver problemas, por lo que un verdadero ingeniero(a) puede ser un estudiante o egresado de cualquier licenciatura, siempre que sea ingenioso en la solución de cualquier problema. Las capacidades que se requieren para resolver adecuadamente esta parte de la metodología son esencialmente distintas de aquellas mencionadas para el estudio de mercado.

Ahora es necesario desarrollar competencias de **creatividad** e **innovación**. Tal vez la mayoría de los productos de consumo masivo, que no demandan una tecnología sofisticada, pueden ser producidos casi por cualquier persona que se proponga elaborarlos. Productos tales como dulces, chocolates, galletas, pan, ropa, entre otros, se pueden producir en forma casera. Pero una cosa es elaborar ciertos productos *como cada persona entienda el proceso* y otra muy distinta es elaborarlos con una calidad estable y a un precio competitivo.

Es seguro que esta falta de capacidad es la causa de que muchas micro y pequeñas empresas fracasen en el primer año de vida. Es cierto que muchas personas logran instalar una planta de manufactura con muchos trabajos y consiguen elaborar el producto que se han propuesto, pero fracasan porque no son competitivos en el mercado. Para ser competitivos se debe trabajar de manera óptima en todas las actividades que desarrolla la empresa, lo cual al final conduce a elaborar un producto a un costo bajo; la optimización de las actividades conduce a elaborar un producto de calidad a un precio competitivo.

La elaboración de un estudio técnico dentro de la metodología de evaluación de proyectos es un proceso iterativo. En el texto hay un orden de presentación de los métodos de optimización que se utilizan, pero esto no significa que, al seguir y aplicar los métodos en el orden referido, al primer intento se llegue a la optimización de la planta. Al avanzar en la optimización de las diferentes áreas y actividades de la empresa se hará evidente que es mejor hacer ciertas modificaciones a determinaciones que ya se habían hecho, y por eso el estudio técnico es un proceso iterativo.

La creatividad que es necesaria en esta parte del estudio debe ser patente cuando hay que determinar y optimizar: la capacidad de producción que tendrá la planta, el número de turnos a trabajar, el grado de automatización de la tecnología, el número de obreros, la capacidad de los equipos, la distribución de las áreas de la planta, etc., todo esto sujeto a un presupuesto limitado.

Si el estudiante examina con detenimiento todos los métodos de análisis y optimización que se presentan en el estudio técnico, encontrará que son técnicas intuitivas, las cuales aunque han sido revestidas de un carácter cuantitativo, no dejan de mostrar la creatividad que fue necesaria en su desarrollo. Más aún, la aplicación de esas técnicas también requiere de mucha creatividad, no son técnicas rígidas que se apliquen con rigurosidad, debido a lo diverso de los procesos productivos que existen en el mercado. En esencia es distinto elaborar vidrio, pasteurizar y envasar leche o jugos de frutas, producir pan, elaborar una prenda de vestir o producir computadoras personales.

Las técnicas de optimización se rigen por principios, los cuales, a su vez, dependen del buen juicio, la creatividad y la innovación del ingeniero (en el sentido antes mencionado). El buen juicio y las capacidades de creatividad e innovación, por desgracia no se aprenden en las universidades. Es una competencia superior que sólo algunas personas llegan a adquirir con la práctica y la experiencia.

Cuando a algún ingeniero que esté diseñando una nueva planta de manufactura se le ocurra una nueva idea de trabajo en cualquier parte o actividad del proceso, lo que siempre se debe preguntar es "¿Por qué no?" y luego atreverse a ponerlo en práctica. Así ha surgido toda la ingeniería.

En resumen, se pretende resolver las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir lo que se desea, porque el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto.

Las partes que conforman el estudio técnico se muestran en la figura 3.1.

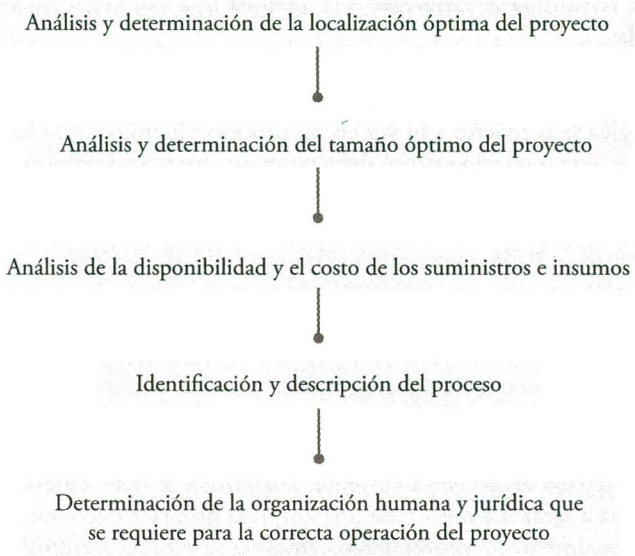


Figura 3.1 Partes que conforman un estudio técnico.

Planeación estratégica de la empresa

El estudio técnico o ingeniería del proyecto determina toda la estructura de la empresa, tanto física como administrativa, y cuando se habla de administración, también se habla de la administración en su sentido más amplio, esto es, administración de inventarios, de sistemas productivos, de finanzas, etc. El nuevo empresario debe estar consciente de que va a entrar a una "guerra" en el mercado, en el sentido de que si los adversarios, las otras empresas que son su competencia directa, pueden acabar con la nueva empresa, seguramente lo harán, así como si la nueva empresa puede debilitar o acabar con algún competidor, seguro lo hará. Por esta razón es necesario realizar un excelente estudio del mercado, precisamente para conocer a los adversarios a los cuales se va a enfrentar.

La *planeación estratégica* es la herramienta que se debe utilizar cuando se tienen adversarios al frente, a diferencia de una planeación idealizada en donde todo se puede lograr, al menos teóricamente. La planeación estratégica siempre deriva en la generación de estrategias para vencer todas las adversidades que se vayan presentando en el camino, incluyendo vencer al o a los enemigos, o al menos penetrar en el mercado y convivir con los demás oferentes.

En general, la planeación consiste en pensar por adelantado aquello que se desea alcanzar, los medios necesarios y la forma de conseguirlos, de manera que la planeación es una representación mental y escrita de la visión y éxito en el futuro. Por esta razón, la planeación antecede a la administración de la empresa, pues a través de ella se prevén las contingencias que se pueden encontrar en el futuro y se establecen las medidas necesarias para afrontarlas, minimizando el riesgo, aunque esto no implica eliminar la incertidumbre que plantea el riesgo.

En la evaluación de proyectos de manufactura, una estrategia se puede definir como una serie de actividades que permiten ya sea penetrar y mantenerse en el mercado o enfrentar con cierto éxito a los actuales oferentes. Sin embargo, la estrategia también debe contemplar la reacción de los oferentes actuales ante la presencia de un nuevo productor, de manera que la estrategia se convierte en un proceso dinámico que habrá que revisar en cuanto las condiciones iniciales hayan cambiado, lo cual normalmente sucede en el corto plazo, es decir, en un plazo máximo de un año.

Aquí se observa con claridad por qué la estrategia se utiliza en la guerra. Hablando concretamente de un estudio de factibilidad, en el que el objetivo es instalar una nueva empresa que tenga altas posibilidades de penetrar y permanecer en el mercado, el primer paso es conocer las características de los demás oferentes (la competencia ya establecida). Luego se formulará la primera estrategia para penetrar al mercado. Después se espera la reacción del enemigo (los oferentes actuales) y se reformula la estrategia o se plantea una estrategia totalmente nueva con la experiencia adquirida.

Como el mercado es dinámico en el sentido de que tanto el nuevo productor como los actuales oferentes van a estar cambiando o adoptando nuevas estrategias para ganar más mercado, entonces la planeación estratégica se convierte a su vez en un proceso dinámico. A la luz de estas actividades cotidianas, se dice que el empresario exitoso debe tener una mente estratégica, más que sólo realizar una planeación estratégica. Cualquier empresario sabe que día a día debe estar innovando su forma de trabajar para ganar más mercado, a fin de ser más competitivo y lograr que la empresa sea más rentable; quien hace esto verdaderamente tiene una mentalidad estratégica.

De esta forma, la planeación estratégica no sólo se encuentra en las estrategias de penetración y permanencia en el mercado, sino en el mejoramiento de la calidad del producto, en el mejoramiento y mayor control de los procesos de producción, en eficientar las actividades de distribución, entre muchas otras actividades que harán a la empresa más competitiva y por lo tanto, aumentarán sus probabilidades de éxito.

La planeación estratégica empieza, de acuerdo con Henry Mintzberg, con el establecimiento de la misión, visión y objetivos de la nueva empresa. Por *misión* se debe entender cuál es el objetivo de la empresa que se va a crear. La misión de una empresa no se establece en términos de ganar dinero o sobrevivir; normalmente la misión de una empresa se expresa en términos de la filosofía que tiene el propietario (o propietarios) de lo que quieren que sea la empresa, por ejemplo, la misión puede ser *Ofrecer los productos de la más alta calidad en el mercado*, o bien, *Satisfacer totalmente a los consumidores del producto*, entre otros tipos de misión.

Por otro lado, la *visión* es la forma en que el o los propietarios ven a la empresa en el mediano plazo, por ejemplo, la visión de una empresa puede ser *Que la empresa tenga un lugar estable en el mercado dentro de dos años,* o *Que la empresa haya incrementado sus ventas en 5% en un año.*

Después, esta visión general se expresa más específicamente en objetivos alcanzables y medibles. Por *alcanzable* se quiere decir que la empresa tenga los medios necesarios para lograr los objetivos, y por *medible* se debe entender que se han desarrollado las métricas o mediciones para demostrar el grado al cual se alcanzaron, o aun se sobrepasaron los objetivos planteados. Los objetivos pueden plantearse en función de productividad, de costos, de rentabilidad, de calidad, de ventas, etc., todos objetivos medibles. Si la empresa no se fija objetivos, será como una persona que vive pero que no sabe con exactitud hacia dónde dirigir sus esfuerzos, simplemente sabe que debe sobrevivir, en tanto que con objetivos trazados, se dice que todos los esfuerzos se "deben alinear" hacia esos objetivos.

Por ejemplo, si uno de los objetivos es "incrementar las ventas 5% en un año", todas las actividades que afecten o influyan este objetivo, deberán realizarse de manera que apoyen a este logro. Hay que recordar que en el estudio de mercado se debió haber realizado una investigación por medio de encuestas para determinar las debilidades y fortalezas de los oferentes actuales; una forma de lograr el objetivo de incremento en las ventas es aprovechar las debilidades de los oferentes actuales o tratar de imitar, o incluso superar sus fortalezas, de forma que eso permita alcanzar el objetivo planteado. Al considerar entonces las actividades necesarias para aprovechar esas debilidades o imitar esas fortalezas, se planea la ejecución de muchas actividades específicas en cualquier área de la empresa que pueda contribuir al logro del objetivo. La planeación de esas actividades específicas es lo que se llama "alinear las actividades al objetivo".

La cadena de suministros y la tecnología informática

En el capítulo 1 ya se mencionó la importancia de la cadena de suministros. En el estudio técnico de un proyecto de inversión se deberán proponer las herramientas necesarias para diseñar, administrar y optimizar el funcionamiento de cada uno de los eslabones de dicha cadena de suministros.

Retomando la idea general de la figura 3.1, ahora se muestran las herramientas necesarias para optimizar la cadena.

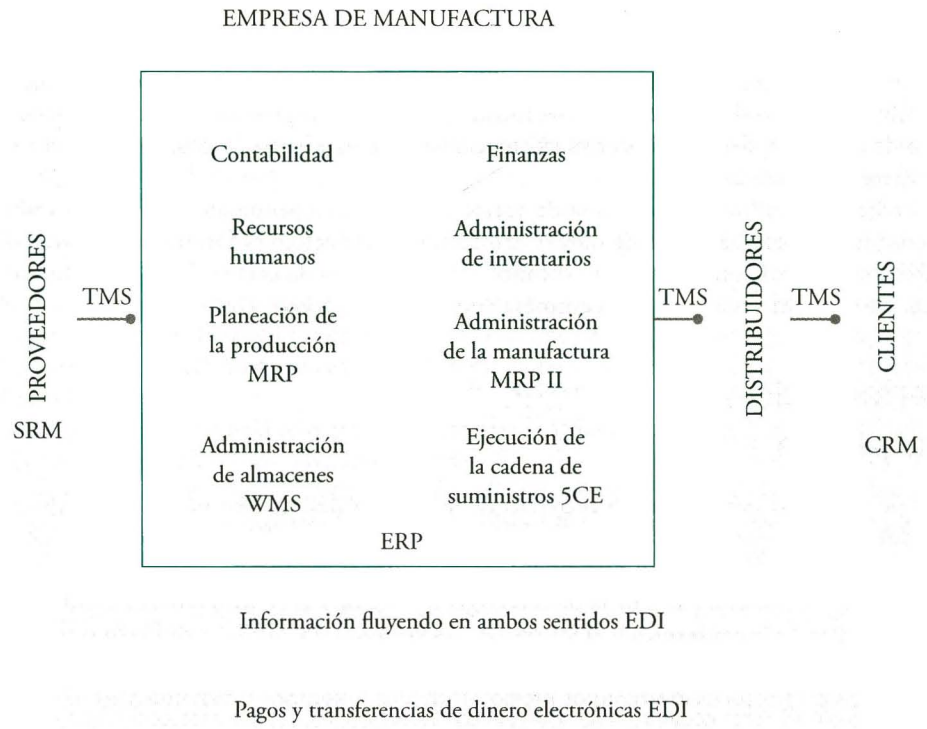


Figura 3.2 La cadena de suministros y la tecnología informática.

Todas las siglas que aparecen en esta figura son software disponible en el mercado para administrar y optimizar el funcionamiento de ciertas partes de la cadena. El significado de las siglas que se muestran son:

- SRM (Supplier Relationship Management), Administración de las Relaciones con los Proveedores.
- MRP (Material Requirement System), Sistema de Requerimiento de Materiales.
- MRP II (Manufacturing Resources Planning), Planeación de los Recursos de Manufactura.
- WMS (Warehouse Management System), Sistema de Administración de Almacenes.
- APS (Advanced Production Scheduling), Programación Avanzada de la Producción. No aparece en la figura, pero es un software alternativo para producción.
- SCE (Supply Chain Execution), Ejecución de la Cadena de Suministros.
- TMS (Transporting Management System), Sistema para Administrar el Transporte del producto.
- CRM (Client Relationship Management), Administración de las Relaciones con el Cliente.
- ERP (Enterprise Resources Planning), Planeación de los Recursos de la Empresa.
- EDI (Electronic Data Interchange), Intercambio Electrónico de Datos.

Como se podrá observar, existe software para todas las áreas o funciones generales que tiene una empresa de manufactura. Un software que incluye todas las funciones es el ERP, que es integral, aunque costoso y sólo puede ser adquirido por empresas con cierto potencial económico; por esta razón, en la figura 3.2 se muestra cada software separado y el ERP que incluye a todos. El ERP puede contener también al SRM, al TMS y al CRM.

El nuevo inversionista o planeador de una nueva entidad productiva podrá tomar, según el tamaño y las necesidades de la empresa, cada software por separado, o bien uno integral como el ERP o el SCE. Hablando del área de manufactura, podrá planear la compra de MRP y MRP II por separado, o bien, si la empresa elabora una gran diversidad de productos, podrá adquirir el APS.

Por otro lado, el EDI no es un software que se adquiere sino es un servicio que se renta con los proveedores del servicio de internet. Lo usan las empresas que envían datos confidenciales por la red, por lo que necesitan alta seguridad en los envíos, básicamente transferencias electrónicas de dinero y cuentas bancarias. Con la creación y uso por ley de facturas electrónicas, todas las empresas tendrán necesidad de contratar el servicio de EDI.

Todas estas herramientas informáticas facilitan la administración de la cadena de suministros y de la propia empresa de manufactura, de forma que los nuevos gerentes o directores generales de este tipo de empresas, deben conocer su existencia y funcionamiento, lo cual les ayudará a ser más competitivos en el mercado.

La cadena de suministros se forma de varias empresas independientes que deben trabajar de forma coordinada para beneficio de todas ellas. La tendencia actual es formar las *cadenas colaborativas*, que son cadenas con un software común, lo que hace que la cadena funcione como una sola empresa, aunque cada eslabón es una empresa con un propietario distinto.

Determinación del tamaño óptimo de la planta

Además de definir el tamaño de un proyecto de la manera descrita, en otro tipo de aplicaciones existen diferentes indicadores indirectos, como el monto de la inversión, el monto de ocupación efectiva de mano de obra, o algún otro de sus efectos sobre la economía.

ingenieros
personas que utilizan su ingenio para resolver los problemas

tamaño óptimo de la planta
es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica

En esta parte de la metodología de evaluación de proyectos es donde más se requiere de **ingenieros**, en el sentido de las personas que utilizan su ingenio para resolver los problemas. Para determinar el **tamaño óptimo de la planta** es necesario conocer con mayor precisión tiempos predeterminados o tiempos y movimientos del proceso, o en su defecto diseñar y calcular esos datos con una buena dosis de ingenio y de ciertas técnicas. Si no se conocen estos elementos, el diseño de la planta viene a ser un arte más que un acto de ingeniería. Por ejemplo, cuando una cocinera elabora el platillo de su especialidad, nunca reflexiona en la optimización de los tiempos y de los ingredientes, lo que le importa es el resultado final: un sabor exquisito en su comida, y es un arte porque no cualquiera lo hace. La optimización del tamaño de la planta y de las condiciones de trabajo es similar a obtener un platillo de sabor igual al de la mejor cocinera, pero se deben optimizar todas las operaciones, de manera que dichas operaciones, o sea el sabor en su comida, puedan repetirse, cuantas veces se quiera, al menor costo, en el menor tiempo posible, y esto sí es un verdadero acto de ingeniería.

Es imposible desarrollar un método estandarizado para determinar de manera óptima la capacidad de una planta productiva, dada la complejidad del proceso y la enorme variedad de procesos productivos. Sin embargo, se intentará proporcionar una guía para realizar tal determinación; recuerde que es un acto de ingeniería, es decir, el uso del ingenio personal es fundamental para lograr la optimización. Un aspecto es la guía o reglas para optimizar y otro es el buen juicio para hacerlo correctamente. Se mostrará la guía; el buen juicio sólo se adquiere con la experiencia y el ingenio.

La manufactura no es una función de la ingeniería sino más bien una función de negocios. Cuando se invierte en una nueva unidad productiva, debe observarse no sólo el aspecto técnico, sino también el aspecto de los negocios. El primer aspecto corresponde a la ingeniería, pero el segundo concierne a la manufactura, ya que en la empresa privada siempre se invierte para obtener una ganancia; por lo tanto, el primer punto importante a analizar es el tipo de manufactura que deberá emplearse para elaborar el producto bajo estudio.

manufactura
actividad que toma insumos, como las materias primas, mano de obra, energía, etc., y los convierte en productos

Debe entenderse por **manufactura** la actividad de tomar insumos, como las materias primas, mano de obra, energía, etc., y convertirlos en productos. Se han clasificado cinco tipos genéricos de procesos de manufactura:[1] por proyecto, por órdenes de

[1] Hill, Terry, *Manufacturing Strategy*, 2a. ed., Open University Set Book, Londres, 1994.

producción, por lotes, por línea y continuos. Un proceso de manufactura *por proyecto* se refiere al hecho de construir algún producto por única ocasión, o en dos o tres ocasiones; por ejemplo, la construcción (o manufactura) de las naves espaciales que han visitado la Luna.

La manufactura *por órdenes de producción* implica elaborar determinada cantidad de producto con ciertas características, para lo cual se requiere de personal con habilidades especiales, con experiencia, que utilizan equipo productivo especializado y para elaborar la producción se fija un tiempo límite. La demanda de tales productos es irregular y la organización del productor debe ser muy elevada para cumplir con dicho compromiso; por ejemplo, se ordena fabricar 20 automóviles de lujo de producción limitada.

Un proceso de manufactura *por lotes* se presenta cuando se fabrica un producto similar en grandes cantidades sobre la base de operaciones repetitivas. En realidad, este tipo de manufactura es similar al de órdenes de trabajo, con la diferencia de que en los lotes el producto se elabora en grandes volúmenes y en las órdenes de trabajo rara vez se ejecutan. En la manufactura por lotes es tan alto el volumen de producción que el proceso permanece vigente por años, por lo cual es posible dividir el proceso en operaciones sencillas y de esta forma pueden ser muy bien estudiadas y optimizadas. Es el tipo de manufactura que más se utiliza en los productos de consumo popular. Un mismo equipo puede utilizarse para fabricar varios artículos distintos y es aquí donde más se aplica la programación de la producción por lotes.

La manufactura *por línea* se utiliza cuando una empresa que elabora una gama de productos fabrica uno con mayor demanda que los demás; entonces se considera que vale la pena hacer una línea de producción exclusiva para ese artículo. Es el mismo caso de una empresa que sólo elabore un producto (lo cual es raro hoy en día), en cuya situación la empresa montará *líneas de manufactura para ese producto exclusivamente.*

En la manufactura *de procesamiento continuo* una materia prima pasa a través de varios procesos y con ella se elaboran diversos productos sin interrupción; este procedimiento puede durar meses o años. El ejemplo más sencillo son las refinerías de petróleo, que trabajan noche y día, y continuarán así hasta que el pozo se agote o sufra alguna avería. Los procesos se diseñan para trabajar continuamente debido a que una interrupción en la producción, y reiniciarla, tiene un costo muy elevado. Otra característica de este tipo de procesamiento es la alta demanda de los productos que se fabrican.

Todo *proceso productivo* conlleva una tecnología que viene a ser la descripción detallada, paso a paso, de operaciones individuales, que, de llevarse a cabo, permiten la elaboración de un artículo con especificaciones precisas.

De lo anterior se puede deducir que la siguiente etapa, indispensable para determinar y optimizar la capacidad de una planta, es conocer al detalle la tecnología que se empleará. Después de esto se entra a un proceso iterativo donde intervienen, al menos, los siguientes factores:

1. La cantidad que se desea producir, la cual, a su vez, depende de la demanda potencial que se calculó en el estudio de mercado y de la disponibilidad de dinero. Además, determina en gran medida el proceso de manufactura a seleccionar.
2. La intensidad en el uso de la mano de obra que se quiera adoptar: procesos automatizados, semiautomatizados o con abundante mano de obra en las operaciones. Esta decisión también depende, en buena medida, del dinero disponible, ya que un proceso totalmente automatizado requiere una mayor inversión.
3. La cantidad de turnos de trabajo. Puede ser un solo turno de trabajo con una duración de diez horas, dos turnos con una duración de nueve horas, tres turnos diarios de ocho horas, o cualquier otra variante. No es lo mismo producir diez toneladas trabajando uno, dos o tres turnos diarios; la decisión afectará directamente la capacidad de la maquinaria que se adquiera. Desde luego, esta consideración se evita en procesos continuos de manufactura.
4. La optimización física de la distribución del equipo de producción dentro de la planta. Mientras más distancia recorra el material, ya sea como materia prima, producto en proceso o producto terminado, la productividad disminuirá. Para lograrlo, es muy importante considerar las técnicas de manejo de materiales.
5. La capacidad individual de cada máquina que interviene en el proceso productivo y del llamado **equipo clave**, es decir, aquel que requiere de la mayor inversión y que, por lo tanto, se debe aprovechar al 100% de su capacidad. Si no se hace así, dismi-

equipo clave
es aquel que requiere de la mayor inversión y que, por lo tanto, se debe aprovechar al 100% de su capacidad

nuirá la optimización del proceso, lo cual se reflejará en una menor rentabilidad económica de la inversión al tener instrumentos muy costosos y ociosos.

6. La optimización de la mano de obra. Si se calcula mal la mano de obra requerida habrá problemas. Con una estimación mayor habrá mucha gente ociosa y se pagarán salarios de más; si sucede lo contrario, los trabajadores no alcanzarán a cubrir todas las tareas que es necesario realizar, lo que retrasará el programa de producción.

Optimización de un proceso productivo: mermelada de fresa

Para ilustrar la forma dinámica e iterativa de los pasos necesarios para optimizar el diseño de un proceso productivo, se toma un ejemplo de un proceso de manufactura (producción) muy sencillo; se espera que no sea muy difícil para el estudiante imaginarlo en la realidad. El proceso seleccionado es la elaboración de mermelada de fresa, envasada en recipientes de vidrio de 250 gramos de capacidad, esterilizada y etiquetada. La manufactura se efectúa por lotes.

Para iniciar el análisis se hace una serie de preguntas.

1. ¿Se conoce el proceso productivo?

   Se sabe que todo proceso productivo está compuesto por una serie de operaciones individuales, mismas que se mencionan a continuación. El detalle con que se conoce el proceso es muy general; faltan los tiempos de cada operación; sin embargo, éstos dependerán del tipo de tecnología que se utilice en cada operación, la cual puede ser muy automatizada o poco automatizada. Además, otros tiempos dependerán de la distribución física de la maquinaria dentro de la planta. Las operaciones generales son las siguientes:

   a) Recepción y almacenamiento de fruta, azúcar y materias primas en general.
   b) Selección de la fruta en una banda, misma en la que se realiza un lavado con agua por aspersión.
   c) La fruta pasa directamente a una marmita (tanque de acero inoxidable enchaquetado) para escalde a 60°C durante cinco minutos. El escalde consiste en un bañado de la fruta en agua muy caliente para quitar impurezas y suciedad de la superficie.
   d) Posteriormente la fruta pasa por una banda a una mesa para el troceo (cortar la fresa en trozos pequeños).
   e) De aquí pasa, por fuerza de gravedad, a un tanque para mezclar la fruta, el azúcar, el agua y los demás ingredientes durante cinco minutos hasta su perfecta homogeneización.
   f) Del tanque pasa a la envasadora, donde la mezcla se envasa en frascos de 250 gramos y se tapa herméticamente.
   g) A continuación se junta un lote de frascos, cuyo número es variable, y se mete a una esterilizadora a 120°C durante una hora.
   h) Al salir de la esterilizadora, se enfría con un ventilador hasta unos 35-40°C.
   i) De aquí se pasan a una etiquetadora.
   j) Posteriormente los frascos se colocan en cajas de cartón con capacidad de 20 frascos cada caja.
   k) Por último, las cajas con frascos se acomodan en el almacén de producto terminado.

2. ¿Cuánto se desea producir?

   Tres toneladas diarias de mermelada, envasada en frascos de 250 gramos, es decir, 12 000 frascos por día.

3. ¿Hay restricciones de dinero para comprar el equipo?

   Para efectos del ejemplo no hay restricciones de este tipo.

4. ¿Cuántos días a la semana y cuántos turnos de trabajo por día se pretenden trabajar?

   Se desea trabajar seis días a la semana con un turno de diez horas y una hora para comer. Además se considera que se dedicará una hora al día en arrancar el proceso y lavar el equipo al final del día. Esto lleva a que se deben producir los 12 000 frascos en ocho horas efectivas de trabajo por día.

5. ¿Cuántas operaciones se quieren y se pueden automatizar?

Automatizar significa que la operación se efectúe con una máquina y no por medios manuales. En este caso se desea automatizar todos los procesos que sea posible, incluyendo la mayoría de las operaciones de transporte, que se realizarán por bandas. El parámetro de referencia para decidir automatizar una maniobra es que el equipo requerido trabaje al menos 70% del tiempo disponible por turno. La razón de esto es que tal maquinaria es cara y sería una inversión improductiva gastar en ellos para que trabajen poco tiempo.

automatizar
significa que la operación se efectúe con una máquina y no por medios manuales

Las operaciones que se deciden automatizar son: mezcla en tanque, mediante un agitador mecánico; envasado y tapado; esterilizado y etiquetado. El troceo es una operación semiautomática, pues consiste en bajar una serie de cuchillas sobre la fruta para dividirla en trozos pequeños, maniobra que se efectúa manualmente, de forma que esta operación no se considera automática.

6. ¿Se conoce el rendimiento de la materia prima en el proceso?

   Sí se conoce y se puede efectuar por medio del balance de materia prima, el cual se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

1 kg de mermelada contiene:	3 000 kg de mermelada contienen:
550 g de fresa	1 650 kg de fresa
250 g de azúcar	750 kg de azúcar
2.2 g de pectina	6.6 kg de pectina
2.2 g de ácido cítrico	6.6 kg de ácido cítrico
0.16 g de benzoato de sodio	0.48 kg de benzoato de sodio
195.44 mL de agua	586.32 L de agua
Total 3 000 kg	

Un buen proveedor de materia prima logrará que sólo se desperdicie 3% de las fresas por magulladuras; si además se les quita el pedúnculo, entonces la merma total es de 6%, por lo tanto: 1 750 kg de fresa más otros ingredientes que no sufren merma = 3 toneladas de mermelada + 100 kg de pedúnculos y fresa en mal estado.

Con estos datos se generan, al menos, dos alternativas de diseño de proceso que varían en su grado de automatización.

Para el diseño se deben tomar en cuenta dos consejos generales:

1. Trate de evitar en lo posible el almacenamiento del producto entre las operaciones que conforman el proceso. En la medida en que el proceso sea continuo, se incrementará la productividad. Esto, a su vez, condiciona a que los equipos cuya tecnología sea el procesamiento por lotes, se adquieran con las capacidades más bajas disponibles en el mercado.
2. Trate de balancear, en la medida de lo posible, las capacidades de los equipos, entendiendo por balancear el comprar los equipos que realizan cada una de las operaciones del proceso a una capacidad tal, que ninguno de ellos esté ocupado más de 80% ni menos de 40% del tiempo disponible por turno. Así se evitarán cuellos de botella o equipos costosos que estén ociosos por mucho tiempo. La velocidad de cualquier línea de producción o de un proceso de producción, es la de la máquina más lenta. De nada sirve mejorar la eficiencia de todas las operaciones de un proceso, si una de ellas no se perfecciona y lo detiene.

Alternativa seleccionada Aquí no se muestra todo el proceso iterativo para la generación de alternativas, sólo se muestra la alternativa seleccionada. Únicamente se automatizan la mezcla en marmita, el envasado-tapado, la esterilización y el etiquetado. Las demás operaciones se efectúan en forma manual y su velocidad es variable, ya que dependerá de la cantidad de mano de obra que se contrate para realizar cada una.

El diseño del proceso se basa en la capacidad de los equipos que se compren para cada operación. Para realizar esta determinación se toma en cuenta el tiempo neto disponible por turno y la recomendación de que un equipo no debe trabajar a más de 80% de su capacidad. Entonces, de las diez horas del turno de trabajo, una hora es para que el personal tome sus alimentos y otra corresponde al arranque y lavado del equipo al final del turno; por lo tanto, se dispone de ocho horas efectivas. Si se desea producir 12 000 frascos, entonces la capacidad ideal de las máquinas es de 12 000 ÷ 8 = 1 500 frascos por hora trabajando al 80% de la capacidad, es decir, si tanto la mezcla de ingredientes, la envasadora, la esterilizadora y la etiquetadora tuvieran esta capacidad; lo que habría que ajustar es la cantidad de personal que proporcionará a la primera máquina automática (a la mezcladora) la cantidad adecuada de material para que todo el proceso fluya uniformemente.

Sin embargo, el problema es acumular por lotes el material para trabajar, ya que si bien la envasadora y la etiquetadora trabajan en forma continua, la esterilizadora y la mezcladora no lo hacen.

Esto significa que para hacer que la mezcladora y la envasadora rindan, se necesita almacenar una cantidad de material tal que sea igual a su capacidad. Por ejemplo, si el tanque mezclador tiene una capacidad de 1 500 kg, es necesario colocar todos los ingredientes y realizar la mezcla hasta que esté lleno; luego, si la esterilizadora tuviera una capacidad de 3 000 frascos, habría que reunir un lote de 3 000 recipientes envasados y tapados para que la esterilizadora pudiera funcionar y la operación de esterilización tomaría unas tres horas, ya que habría que reunir tal cantidad, meterla en la esterilizadora, esperar a que suba a la temperatura recomendada, mantener los frascos a esa temperatura por una hora, dejar que se enfríen y sacarlos.

El reunir el tamaño del lote toma tiempo, lo cual provoca tener mucho material en almacenamiento temporal y algunas máquinas detenidas por largos periodos. Recuerde que es preferible que se eviten los almacenamientos temporales; sin embargo, todo depende de la capacidad de las máquinas y sólo se citó un ejemplo. Un contraejemplo sería tener un proceso donde no hubiera almacenamientos temporales de material. Si hubiera una esterilización instantánea se podría fabricar en la forma en que el doctor Shigeo Shingo, el promotor de las prácticas de *justo a tiempo*, llama *sistema de producción de una sola pieza*, en el cual no existen los almacenamientos temporales en ninguna de las operaciones.

Por lo tanto, sin realizar un análisis exhaustivo, se concluye que la primera alternativa del diseño del proceso productivo, donde se propone una mezcladora y esterilizadora que procesen grandes lotes, se descarta porque provocaría almacenamientos temporales y equipos ociosos. De aquí se infiere que lo más conveniente es comprar estos equipos con las menores capacidades disponibles en el mercado.

Aquí se encuentra otro problema: las capacidades disponibles en el mercado de ciertos equipos; es decir, en teoría se puede diseñar un proceso para que fluya continuamente, pero las capacidades que se requieren no siempre están disponibles en el mercado.

Antes de proponer otra alternativa, es necesario analizar lo que sucede en las operaciones que ya se ha decidido que sean manuales. Un estudio de tiempo y movimiento (no mostrado aquí) debe llevar a medir el consumo exacto de tiempo que requiere cada operación por parte del trabajador. De esta forma se debe llegar a una optimización de la mano de obra. Por ejemplo, se decidió no automatizar las operaciones de recepción y transporte de materia prima, porque se tomaron tiempos y se observó que tomaría cerca de hora y media descargar diariamente la cantidad de materia que el proceso requiere, por lo que si se automatizara esta operación, el equipo permanecería ocioso más de seis horas al día, que en términos porcentuales significa estar ocioso más de 80% del tiempo disponible.

También se observó que existe una operación que se llama *despatado*, que consiste en quitar el pedúnculo a la fresa. Si se toma en cuenta que se realizará en 1 750 kilogramos de fresa al día y que cada kilogramo de fresa contiene de 30 a 50 piezas, entonces se requerirá despatar entre 52 000 y 87 000 de ellas. Se tomó el tiempo en que una persona realiza este trabajo y se determinó que se requieren tres personas para la operación. El proceso, además de ser tedioso, es muy cansado al final de la jornada, por lo que se decidió comprar la fresa ya sin pedúnculo, aunque a un precio más alto. Sin embargo, este aumento se ve compensado con el ahorro logrado al no contratar a tres obreros, con todos los gastos que implican. También se observó la conveniencia de eliminar la selección visual de la fruta y se decidió comprar la fresa mondada y seleccionada. Esto también redujo la cantidad de personal.

Los datos de la alternativa seleccionada se muestran en la tabla 3.2.

En términos generales se pueden hacer varios comentarios acerca del diseño de la planta. Primero, la construcción de una tabla como la 3.2, permite calcular la mano de obra necesaria; en el ejemplo que se sigue el resultado es de 5.21 obreros, es decir, seis obreros. Lo que falta considerar es que, dado que algunas operaciones consumen poco tiempo, se debe suponer que una adecuada asignación de tareas a los seis obreros provocará que todos estén ocupados la mayor parte del tiempo; en otra tabla se presentará la eficiencia con la cual trabaja cada uno de ellos. En la tabla 3.2 también se proporciona una serie de datos que sirven para calcular el espacio físico requerido para la planta, ya que muestra el número de máquinas y la eficiencia con la cual trabaja cada una; lo anterior no se incluye explícitamente, pero los datos proporcionados sirven para realizar ese cálculo. Toda la información anotada se obtuvo con base en estudios de tiempos y movimientos de cada una de las operaciones.

Tabla 3.2 Datos de la automatización

Operación de GA*	Tiempo de la operación	Capacidad de la máquina	Número de máquinas	Frecuencia por día	Número de obreros	Tiempo total por día
Recepción de materia prima	Fruta: 68 cajas por día, 30 min Azúcar: 15 costales por día, 15 min	Ambas operaciones manuales	Manual	Una vez	0.16	1.5 horas
Escalde	5 min vaciar; 5 min, escalde; 15 min, sacar fruta	Tanque de 350 litros	2 tanques	5 veces por tanque	0.55	4.2 horas
Troceado	6 horas una persona	Manual	Manual	10 veces por día	1	6 horas
Mezcla de ingredientes	10 min adición; 10 min mezcla	Tanque de 350 litros	3	10 veces por día	0.4	3.15 horas
Envasado y tapado	2 000 frascos/hora	2 400 frascos por hora	1	1 corrida al día	1	6 horas
Esterilizado	2 horas totales	1 m^3	4	3 veces cada máquina	1	6 horas por máquina
Enfriado	20 min	Manual	Manual	Continuo	0.4	3.15 horas
Etiquetado	4 500 frascos/hora	4 500 frascos/ hora	1	3 veces	0.6	2.7 horas
Colocar frascos en cajas	Cajas con 20 frascos; 500 cajas; 100 cajas/ hora	Manual	Manual	Cada vez que trabaje la etiquetadora	0.8	5 horas
Almacenar cajas	Continuo	Banda continua	1 banda	Continua	0.2	Continuo

Nota: Volumen de un frasco = 0.01 m^3 (10 cm^3). En 1 m^3 caben 1 000 frascos.
—La envasadora más pequeña disponible en el mercado tiene una capacidad de 2 400 frascos por hora que trabajando al 80% de su capacidad puede envasar 2 000 piezas por hora, por lo que este proceso tomará seis horas.
—La etiquetadora más pequeña disponible en el mercado cuenta con cabida para 4 500 frascos por hora. Tomará 2.7 horas etiquetar los 12 000 frascos.
—La esterilizadora se comercializa en múltiplos de 1 m^3.
* GA: grado de automatización.

En las figuras 3.3 y 3.4 se muestran las actividades que realizan tanto obreros como máquinas y la secuencia del trabajo. En el extremo derecho se anota la eficiencia de cada uno de ellos. La numeración superior, del 1 al 10, son las horas del turno de trabajo.

Los operarios corresponden a:

1. Descarga y envasado.
2. Troceador.
3. Escalde y mezcla.
4. Envasado.
5. Esterilizado.
6. Colocado y etiquetado.

En realidad los obreros 3 y 4 trabajarían en forma intermitente, debido a la labor que desempeñan y entre cada lote descansarían cinco minutos. Sin embargo, se prefirió anotar sus actividades

Operario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Eficiencia
1						C				L	83%
2				C						L	78%
3					C					L	82%
4						C				L	72%
5						C					70%
6						C					85%

Figura 3.3. Actividades que realiza cada obrero durante el día.

Máquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Eficiencia
Marmita escalde 1											55%
Marmita escalde 2											55%
Tanque 1											45%
Tanque 2											45%
Tanque 3											45%
Envasadora											67%
Esterilizadora 1											67%
Esterilizadora 2											67%
Esterilizadora 3											67%
Esterilizadora 4											67%
Etiquetadora											35%

Figura 3.4 Tiempo de ocupación de cada máquina por día. Horario de trabajo (horas).

como si fueran continuas. La letra *c* significa una hora de comida y el periodo en que deberán tomarla. La letra *L* significa lavar el equipo al final del turno.

En la figura 3.4 el área sombreada es el tiempo de actividad de máquinas.

Es interesante recalcar varios hechos. Primero, que sólo los tanques de mezcla trabajan a 45% de eficiencia, pero son equipos baratos. En realidad tanto las marmitas de escalde como los tanques producen en forma intermitente, con cinco a diez minutos de descanso entre cada lote de procesamiento; sin embargo, para facilitar la representación, se consideró que su utilización es continua. La envasadora trabaja sólo a 35% de eficiencia, pero ésa es una restricción del mercado, es decir, no se encuentran equipos que trabajen a menor velocidad. Los obreros trabajan un promedio de 78% de su tiempo y esto es bastante aceptable. Pero aquí es donde el diseñador de planta debe utilizar su creatividad al observar el proceso.

El procedimiento tiene la característica de que algunas operaciones dependen de otras en forma secuencial. Por ejemplo, el personal no puede elaborar la mezcla de las materias primas a primera hora, ya que para eso requiere que exista material en el almacén y que éste pase por una lavadora de aspersión y se corte en trozos. Hasta entonces, no es posible realizar cualquier otra operación. El troceado es una actividad que se lleva a cabo manualmente y toma tiempo; por lo tanto, al inicio de un día de trabajo, sería conveniente que todos los obreros ayudaran en ella, con el fin de reducir este periodo y empezar lo más pronto posible con el envasado.

Algunas operaciones permiten trabajar los ingredientes para seguir con otras operaciones hasta el siguiente turno; por ejemplo, si el material ya está envasado, puede esperar hasta el día siguiente para ser esterilizado a primera hora; también el material esterilizado podría esperar para ser etiquetado el día siguiente. Pero esto es específico para cada proceso y lo importante aquí es observar la operación de las máquinas en la gráfica de Gantt, no lo que hace cada máquina, sino el proceso en general.

Por último, es importante señalar que aunque en el diagrama de operaciones de los obreros se señale el puesto de, por ejemplo, *envasador* o *etiquetador*, no significa que una persona vaya a realizar la misma tarea toda su vida, es decir, siempre hay que tener en cuenta la rotación del personal para que sea capaz de desempeñar cualquier operación, e incluso varias operaciones en un mismo turno de trabajo, como el hecho, ya comentado, de que sería conveniente que al inicio de cada turno la mayoría del personal se dedicara al troceado de la fruta. De hecho, el doctor Kaoru Ishikawa, quien implementó el concepto de calidad total en Japón, menciona que esto es lo más sano para una empresa, con el fin de que cuando llegue a faltar un obrero, los demás conozcan perfectamente lo que se debe hacer, y no detener el proceso productivo; además, la práctica de que un obrero pueda desempeñar el trabajo de cualquier otro, es la base para los círculos de calidad que tanto éxito tuvieron en Japón.

Como se podrá observar, el diseño de la capacidad óptima de producción es un proceso creativo e iterativo. En el ejemplo que se mostró, que contiene datos reales, se vio que la capacidad de la envasadora es limitante para un tamaño de planta más pequeño; también se observó la inconve-

niencia de producir en grandes lotes, ya que se pierde mucho tiempo en almacenamientos temporales de material. Aquí no se muestra el procedimiento iterativo completo, pero se aclara que para llegar a esta propuesta en el diseño de la planta, se analizaron varias alternativas en cuanto a la mejor forma de desempeñar todas las operaciones del proceso.

De las figuras mostradas es muy sencillo deducir la eficiencia u optimación con que trabaja cada máquina y cada obrero. En la medida en que las gráficas de Gantt contengan más espacios sombreados, se estará aprovechando el tiempo disponible de los recursos de forma eficaz.

Se distinguen tres diferentes capacidades dentro de un equipo. La capacidad de diseño de este último es la tasa de producción de artículos estandarizados en condiciones normales de operación. La capacidad del sistema es la producción máxima de un artículo específico o una combinación de productos que el sistema de trabajadores y máquinas puede generar trabajando en forma integrada. Y, por último, la producción real, que es el promedio que alcanza una entidad en un lapso determinado, tomando en cuenta todas las posibles contingencias que se presenten en la producción y venta del artículo. Lo anterior se muestra en la figura 3.5.

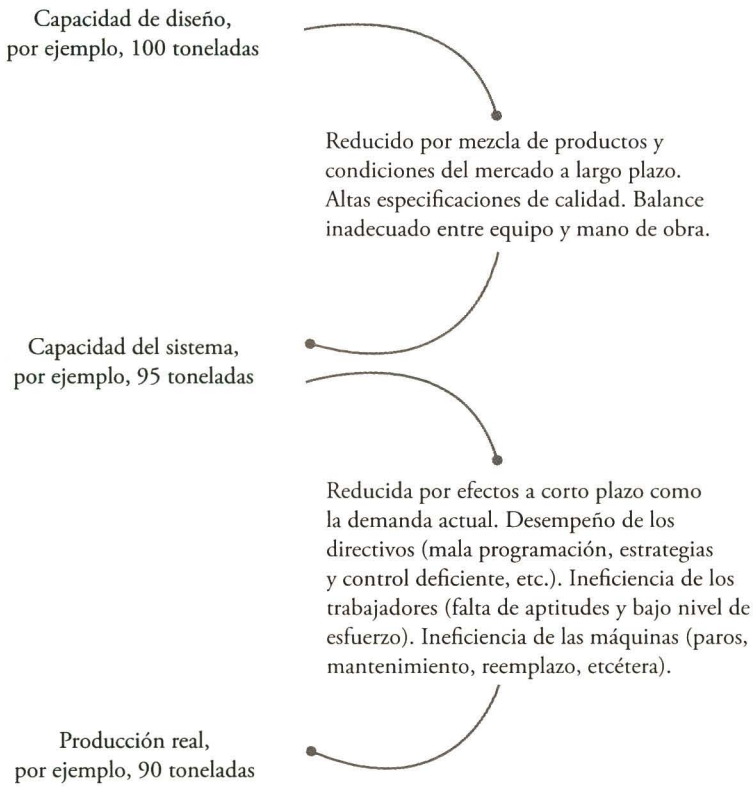


Figura 3.5 Relaciones entre las capacidades y la producción.

Factores que determinan o condicionan el tamaño de una planta

En la práctica determinar el tamaño de una nueva unidad de producción es una tarea limitada por las relaciones recíprocas que existen entre el tamaño, la demanda, la disponibilidad de las materias primas, la tecnología, los equipos y el financiamiento. Todos estos factores contribuyen a simplificar el proceso de aproximaciones sucesivas y las alternativas de tamaño, entre las cuales se puede escoger, se reducen a medida que se examinan los factores condicionantes mencionados, los cuales se analizan detalladamente a continuación.

EL TAMAÑO DEL PROYECTO Y LA DEMANDA

La demanda es uno de los factores más importantes para condicionar el tamaño de un proyecto. El tamaño propuesto sólo puede aceptarse en caso de que la demanda sea claramente superior. Si el tamaño propuesto fuera igual a la demanda, no sería recomendable llevar a cabo la instalación, puesto que sería muy riesgoso. Cuando la demanda es claramente superior al tamaño propuesto, éste debe ser tal que sólo cubra un bajo porcentaje de la primera, no más de 10%, siempre y cuando haya mercado libre. Cuando el régimen sea oligopólico no se recomienda tratar de introducirse al mercado, a menos que existan acuerdos previos con el propio oligopolio acerca de la repartición del mercado existente o del aseguramiento del abasto en las materias primas.

EL TAMAÑO DEL PROYECTO Y LOS SUMINISTROS E INSUMOS

El abasto suficiente en cantidad y calidad de materias primas es un aspecto vital en el desarrollo de un proyecto. Muchas grandes empresas se han visto frenadas por la falta de este insumo. Para demostrar que este aspecto no es limitante para el tamaño del proyecto, se deberán listar todos los proveedores de materias primas e insumos y se anotarán los alcances de cada uno para suministrar estos últimos. En etapas más avanzadas del proyecto se recomienda presentar tanto las cotizaciones como el compromiso escrito de los proveedores para abastecer las cantidades de material necesario para la producción. En caso de que el abasto no sea totalmente seguro se recomienda buscar en el extranjero dicha provisión, cambiar de tecnología, en caso de ser posible, o abandonar el proyecto.

EL TAMAÑO DEL PROYECTO, LA TECNOLOGÍA Y LOS EQUIPOS

Hay ciertos procesos o técnicas de producción que exigen una escala mínima para ser aplicables, ya que por debajo de ciertos niveles los costos serían tan elevados que no se justificaría la operación de la planta.

Las relaciones entre el tamaño y la tecnología influirán a su vez en las relaciones entre tamaño, inversiones y costo de producción. En efecto, dentro de ciertos límites de operación y a mayor escala, dichas relaciones propiciarán un menor costo de inversión por unidad de capacidad instalada y un mayor rendimiento por persona ocupada; lo anterior contribuirá a disminuir el costo de producción, aumentar las utilidades y elevar la rentabilidad del proyecto.

En términos generales se puede decir que la tecnología y los equipos tienden a limitar el tamaño del proyecto al mínimo de producción necesario para ser aplicables.

EL TAMAÑO DEL PROYECTO Y EL FINANCIAMIENTO

Si los recursos financieros son insuficientes para atender las necesidades de inversión de la planta de tamaño mínimo, es claro que la realización del proyecto es imposible. Si los recursos económicos propios y ajenos permiten escoger entre varios tamaños para producciones similares entre los cuales existe una gran diferencia de costos y de rendimiento económico, la prudencia aconsejará escoger aquel que se financie con mayor comodidad y seguridad, y que a la vez ofrezca, de ser posible, los menores costos y un alto rendimiento de capital. Por supuesto, habrá que hacer un balance entre todos los factores mencionados para realizar la mejor selección.

Si existe flexibilidad en la instalación de la planta, esto es, si los equipos y la tecnología lo permiten, se puede considerar la implantación del proyecto por etapas como una alternativa viable, aunque es obvio que no todos los equipos y las tecnologías permiten esta libertad.

EL TAMAÑO DEL PROYECTO Y LA ORGANIZACIÓN

Cuando se haya hecho un estudio que determine el tamaño más apropiado para el proyecto, es necesario asegurarse que se cuenta con el personal suficiente y apropiado para cada uno de los puestos de la empresa. Aquí se hace una referencia sobre todo al personal técnico de cualquier nivel, el cual no se puede obtener fácilmente en algunas localidades del país. Este aspecto no es tan importante como para limitar el proyecto, ya que con frecuencia se ha dado el caso de que, cuando se manejan tecnologías avanzadas, vienen técnicos extranjeros a operar los equipos. Aun así, hay que prevenir los obstáculos en este punto, para que no sean impedimento en el tamaño y la operación de la planta.

Método de Lange

método de Lange
relación funcional entre el monto de la inversión y la capacidad productiva del proyecto

Lange define un modelo particular para fijar la capacidad óptima de producción de la nueva planta, se sustenta en la hipótesis real de que existe una relación funcional entre el monto de la inversión y la capacidad productiva del proyecto, lo cual permite considerar a la inversión inicial como medida directa de la capacidad de producción (tamaño).

Si se logra obtener una función que relacione la inversión inicial y los costos de producción, ésta mostrará que un alto costo de operación se asocia con una inversión inicial baja, y viceversa. Esto se debe a que el mayor uso de un factor permite una menor inversión en otro factor. De acuerdo con el modelo habrá que hacer el estudio de un número de combinaciones inversión-costos de producción, de tal modo que el costo total sea mínimo. Para ello, como los costos se dan en el futuro y la inversión en el presente, es necesario incorporar el valor del dinero en el tiempo y descontar todos los costos futuros para hacer la comparación. La expresión del costo total mínimo quedaría como sigue.

$$\text{Costo total} = I_0(\text{C}) + \sum_{t=0}^{n-1} \frac{C}{(1+t)^t} = \text{mínimo} \qquad (3.1)$$

donde: C = costos de producción.
I_0 = inversión inicial.
t = periodos considerados en el análisis.

En estas condiciones, el costo total alcanzará su nivel mínimo cuando el incremento de la inversión inicial sea igual a la suma descontada de los costos de operación que esa mayor inversión permite ahorrar.

El método de Lange es muy intuitivo, pero no evita que sea necesario variar aproximaciones que son largas y tediosas, ya que por cada alternativa que se estudie hay que conocer la inversión y los costos de producción.

Método de escalación

método de escalación
determina la capacidad óptima de producción al considerar la capacidad de los equipos disponibles en el mercado y con esto analizar las ventajas y desventajas de trabajar cierto número de turnos de trabajo y horas extra

Una forma más detallada de determinar la capacidad óptima de producción es considerar la capacidad de los equipos disponibles en el mercado y con esto analizar las ventajas y desventajas de trabajar cierto número de turnos de trabajo y horas extra. Cuando se desconoce la disponibilidad de capital para invertir, este método es muy útil.

Se investigan las capacidades de equipos disponibles en el mercado y se calcula la máxima producción al trabajar tres turnos, lo cual, de hecho, proporciona una gama de capacidades de producción.

Posteriormente hay que considerar, dadas las características del proceso, los días que se trabajarán al año y si el proceso productivo puede detenerse en cualquier momento sin perjuicio del mismo o de los costos de producción. A continuación, considere las ventajas económicas de trabajar uno o dos turnos con pago de horas extra e incluso laborar tres turnos y obtener la producción extra que haga falta por medio de maquila. En el primer caso se tendría capacidad ociosa y en el último una saturación del equipo que puede ser perjudicial si no se sabe administrar correctamente.

Consideraciones sobre el tamaño cuando se realiza un estudio de reemplazo de equipo

Cuando se realizan estudios de sustitución de equipo cambia el concepto y cálculo del tamaño, que aquí es simplemente la capacidad real de producción del equipo que se pretende adquirir, expresado como unidades de producción por unidad de tiempo (piezas/hora, litros/min, etcétera).

Como se mencionó en la sección "Cómo se analiza la demanda" del capítulo 2, la demanda en este tipo de estudios está definida como las necesidades de servicio de la máquina. El tamaño (capacidad) del aparato que se compre, debe ser muy superior a la demanda actual de servicio, ya que si se adquiriera un equipo con capacidad igual a su demanda actual, al menor crecimiento, lo cual se da al corto plazo en una empresa sana, nuevamente presentaría problemas de capacidad insuficiente. Por lo tanto, la capacidad de la nueva máquina debe ser tal que pueda absorber sin problemas la demanda creciente de servicio, al menos durante el horizonte de planeación del estudio.

localización óptima de un proyecto
es lo que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado) o a obtener el costo unitario mínimo (criterio social)

Localización óptima del proyecto

El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta.

Método cualitativo por puntos. Ventajas y desventajas

método cualitativo por puntos
asigna factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes (cualitativos) para la localización

Consiste en asignar factores cuantitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización. Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios. El método permite ponderar factores de preferencia para el investigador al tomar la decisión. Se sugiere aplicar el siguiente procedimiento para jerarquizar los factores cualitativos:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deben sumar 1.00), y el peso asignado dependerá exclusivamente del criterio del investigador.
3. Asignar una escala común a cada factor (por ejemplo, de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo.
4. Calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala designada y multiplicar la calificación por el peso.
5. Sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación.

Suponga que se tienen los datos mostrados en la tabla 3.3 y se desea elegir entre los sitios A y B. Se escogería la alternativa B por tener la mayor puntuación ponderada. La ventaja de este método es que es sencillo y rápido, pero su principal desventaja es que tanto el peso asignado, como la calificación que se otorga a cada factor relevante, dependen exclusivamente de las preferencias del investigador y, por lo tanto, podrían no ser reproducibles.

Tabla 3.3

		A		B	
Factor relevante	Peso asignado	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Materia prima disponible	0.33	5.0	1.65	4.0	1.32
Mano de obra disponible	0.25	7.0	1.75	7.5	1.875
Costo de los insumos	0.20	5.5	1.1	7.0	1.4
Costo de la vida	0.07	8.0	0.56	5.0	0.35
Cercanía del mercado	0.15	8.0	1.2	9.0	1.35
Suma	1.00		6.26		6.295

Entre los factores que se pueden considerar para realizar la evaluación, se encuentran los siguientes:

1. Factores geográficos, relacionados con las condiciones naturales que rigen en las distintas zonas del país, como el clima, los niveles de contaminación y desechos, las comunicaciones (carreteras, vías férreas y rutas aéreas), etcétera.
2. Factores institucionales que se relacionan con los planes y las estrategias de desarrollo y descentralización industrial.
3. Factores sociales, se relacionan con la adaptación del proyecto al ambiente y a la comunidad. Estos factores son poco atendidos, pero no menos importantes. En específico, se refieren al nivel general de los servicios sociales con que cuenta la comunidad, como escuelas (y su nivel), hospitales, centros recreativos, facilidades culturales y de capacitación de empleados y otros.

Para llegar a construir la tabla 3.3, se deben realizar una serie de determinaciones previas que no se muestran. El método que se emplea consiste en seleccionar todos los sitios disponi-

bles en un país, región o localidad, e ir eliminando algunos de ellos, debido a la fijación previa de estándares o condiciones mínimas para cada factor considerado.

Por ejemplo, si la disponibilidad de materia prima es el factor más importante, de acuerdo con el criterio de quien toma la decisión, se deberán considerar todas las localidades que en un radio no mayor a 10 km tengan disponible la materia prima (criterio fijado por quien toma la decisión). Suponga que se seleccionaron 12 localidades que tienen esta característica. Luego, la siguiente característica más importante que debe tener el sitio probable de localización de la planta es la disponibilidad de mano de obra. El criterio fijado es que haya personal disponible para ser empleado en un radio no mayor a 1 km alrededor de la planta, y que todo ese personal disponible tenga estudios mínimos de licenciatura. Con esto se podrán eliminar cierto número de localidades, etc., siguiendo el mismo método hasta llegar a tener dos o máximo tres alternativas para hacer la determinación final. Observe que los datos disponibles son esenciales para hacer el análisis.

4. Factores económicos, que se refieren a los costos de los suministros e insumos en esa localidad, como la mano de obra, las materias primas, el agua, la energía eléctrica, los combustibles, la infraestructura disponible, los terrenos y la cercanía de los mercados y las materias primas.

Método cuantitativo de Vogel. Ventajas y desventajas

método cuantitativo de Vogel análisis de los costos de transporte, tanto de materias primas como de productos terminados

Este método apunta al análisis de los costos de transporte, tanto de materias primas como de productos terminados. El problema del método consiste en reducir al mínimo posible los costos de transporte destinado a satisfacer los requerimientos totales de demanda y abastecimiento de materiales. Los supuestos, también considerados como desventajas del método, son:

1. Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades embarcadas.
2. Tanto la oferta como la demanda se expresan en unidades homogéneas.
3. Los costos unitarios de transporte no varían de acuerdo con la cantidad transportada.
4. La oferta y la demanda deben ser iguales.
5. Las cantidades de oferta y demanda no varían con el tiempo.
6. No considera más efectos para la localización que los costos del transporte.

Entre sus ventajas está que es un método preciso y totalmente imparcial. Todos los datos se llevan a una matriz oferta-demanda u origen y destino. Se escogerá aquel sitio que produzca los menores costos de transporte, tanto de la materia prima como del producto terminado. El método no se ejemplifica en esta parte, sino en el caso práctico que se muestra en el final del capítulo 2, se aplica en forma total desde su planteamiento hasta su solución. En la figura 3.6 se muestra una matriz ordinaria del método y los pasos que se siguen para su solución.

		Demanda W	Demanda X	Demanda Y	Demanda Z	
Oferta	A	3	5	12	7	17
	B	4	6	13	8	21
	C	5	10	9	4	15
		10	16	8	19	53 / 53

Figura 3.6 Matriz común para el modelo de Vogel utilizado en la localización de una planta.

En los renglones A, B y C se encuentran los sitios que abastecerán la demanda hasta los sitios W, X, Y y Z. En el recuadro de cada intersección oferta-demanda aparece el costo de transportar una unidad desde un sitio de origen (oferta) A, por ejemplo, hasta su sitio de destino (demanda) Y, por ejemplo. En la parte derecha de la matriz, y en el renglón de la base, aparecen las cantidades máximas de oferta y demanda de cada localidad. Una condición indispensable para que la matriz tenga solución es que la suma de toda la oferta sea igual a toda la demanda, resultado que aparece en la casilla del ángulo inferior derecho. Si esto no fuera así, la matriz daría una solución errónea. Los pasos para resolver la matriz son:

1. Calcular la diferencia entre los dos costos más pequeños en cada fila y en cada columna y escribir los números resultantes al lado derecho y en la base de cada fila y columna.
2. Seleccionar el renglón o la columna que tenga la mayor diferencia de costo y asignar tantas unidades como sea posible a la casilla de costo más bajo. En caso de empate, se selecciona el renglón o columna que tenga la 0,casilla más baja en costo.
3. No considerar en situaciones posteriores el renglón o columnas que haya sido satisfecho.
4. Usar una matriz ya reducida al eliminar renglones y columnas. Repetir los pasos del uno al tres, hasta que toda la oferta haya sido asignada a toda la demanda y ésta haya sido satisfecha en su totalidad.

Hay que mencionar que todos los métodos de localización dejan de lado hechos importantes, pero no cuantificables, tales como preferencias o conveniencias de los inversionistas por instalarse en un sitio determinado, independientemente de los resultados del análisis, lo cual invalidaría cualquier técnica que se empleara.

Ingeniería del proyecto

ingeniería del proyecto
resuelve todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta

Objetivos generales

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria se determina la distribución óptima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva.

Proceso de producción

proceso de producción
procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener los bienes y servicios a partir del insumo

El proceso de producción es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener los bienes y servicios a partir de insumos, y se identifica como la transformación de una serie de materias primas para convertirla en artículos mediante una determinada función de manufactura. Lo anterior se puede representar en la figura 3.7.

tecnología de fabricación
conjunto de conocimientos técnicos, equipos y procesos que se emplean para desarrollar una determinada función

En esta parte del estudio el investigador procederá a seleccionar una determinada **tecnología de fabricación**. Se entenderá por tal al conjunto de conocimientos técnicos, equipos y procesos que se emplean para desarrollar una determinada función.

En el momento de elegir la tecnología que se empleará, hay que tomar en cuenta los resultados de la investigación de mercado, pues esto dictará las normas de calidad y la cantidad que se requieren, factores que influyen en la decisión.

Otro aspecto importante que se debe considerar es la flexibilidad de los procesos y de los equipos para procesar varias clases de insumos, lo cual ayudará a evitar los *tiempos muertos* y a diversificar fácilmente la producción en un momento dado.

Otro factor primordial, analizado a detalle más adelante, es la adquisición de equipo y maquinaria, factor en el que se consideran muchos aspectos para obtener la mejor opción.

Técnicas de análisis del proceso de producción

análisis del proceso o la tecnología
facilita la distribución de la planta aprovechando el espacio disponible en forma óptima, lo cual, a su vez, optimiza la operación de la planta mejorando los tiempos y movimientos de los hombres y las máquinas

Ya que se ha descrito la manera en que se desarrolla el proceso productivo, viene una segunda etapa en la que, en forma integral, se **analiza el proceso o la tecnología**. La

Estado inicial	+	Proceso transformador	=	Producto final
Insumos Son aquellos elementos sobre los cuales se efecturá el proceso de transformación para obtener el producto final.		**Proceso** Conjunto de operaciones que realizan el personal y la maquinaria para elaborar el producto final.		**Productos** Bienes finales resultado del proceso de transformación
Suministros Son los recursos necesarios para realizar el proceso de transformación.		**Equipo productivo** Conjunto de maquinaria e istalaciones necesarias para realizar el proceso transformador.		**Subproductos** Bienes obtenidos no como objetivo principal del proceso de transformación pero con un valor económico
		Organización Elemento humano necesario para realizar el proceso productivo.		**Residuos o desechos** Consecuencia del proceso con o sin valor.

Figura 3.7 El proceso de producción.

utilidad de este análisis es básicamente que cumple dos objetivos: facilitar la distribución de la planta aprovechando el espacio disponible en forma óptima, lo cual, a su vez, optimiza la operación de la planta mejorando los tiempos y movimientos de los hombres y las máquinas.

Para representar y analizar el proceso productivo existen varios métodos, algunos de los cuales se describen en el texto. El empleo de cualquiera de ellos dependerá de los objetivos del estudio. Algunos son muy sencillos, como el diagrama de bloques, y hay otros muy completos, como el cursograma analítico. Cualquier proceso productivo, por complicado que sea, puede ser representado por medio de un diagrama para su análisis.

Diagrama de bloques Es el método más sencillo para representar un proceso. Consiste en que cada operación unitaria ejercida sobre la materia prima se encierra en un rectángulo; cada rectángulo o bloque se une con el anterior y el posterior por medio de flechas que indican tanto la secuencia de las operaciones como la dirección del flujo. En la representación se acostumbra empezar en la parte superior derecha de la hoja. Si es necesario se pueden agregar ramales al flujo principal del proceso. En los rectángulos se anota la operación unitaria (cambio físico o químico) efectuada sobre el material y se puede complementar la información con tiempos y temperaturas. En la figura 3.8 se muestra un diagrama de bloques.

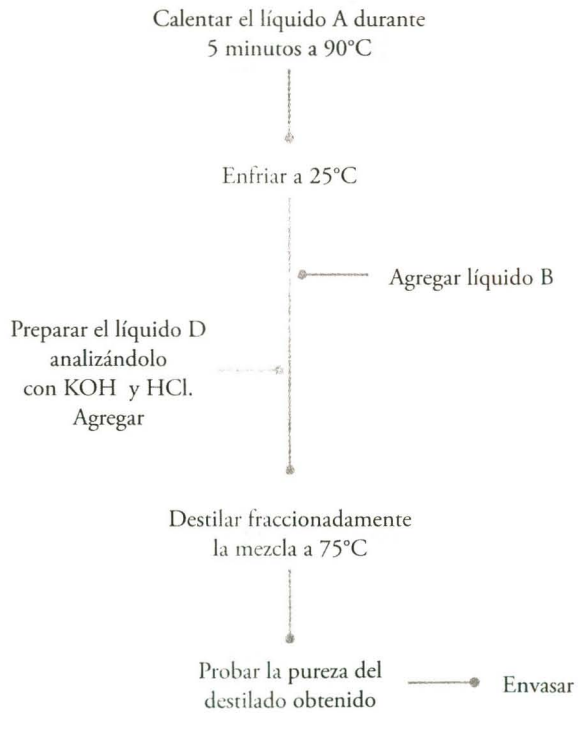
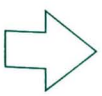


Figura 3.8 Diagrama de bloques.

Diagrama de flujo del proceso Aunque el diagrama de bloques también es un diagrama de flujo, no posee tantos detalles e información como el diagrama de flujo del proceso, donde se usa una simbología internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas. Dicha simbología es la siguiente:



Operación. Significa que se efectúa un cambio o transformación en algún componente del producto, ya sea por medios físicos, mecánicos o químicos, o la combinación de cualquiera de los tres.



Transporte. Es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación o hacia algún punto de almacenamiento o demora.

Demora. Se presenta generalmente cuando existen cuellos de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente. En otras ocasiones el propio proceso exige una demora.

Almacenamiento. Tanto de materia prima, de producto en proceso o de producto terminado.

Inspección. Es la acción de controlar que se efectúe correctamente una operación, un transporte o verificar la calidad del producto.

Operación combinada. Ocurre cuando se efectúan simultáneamente dos de las acciones mencionadas.

Este método es el más usado para representar gráficamente los procesos. Las reglas mínimas para su aplicación son:

- Empezar en la parte superior derecha de la hoja y continuar hacia abajo, y a la derecha o en ambas direcciones.
- Numerar cada una de las acciones en forma ascendente; en caso de que existan acciones agregadas al ramal principal del flujo en el curso de proceso, asignar el siguiente número secuencial a estas acciones en cuanto aparezcan. En caso de que existan maniobras repetitivas se formará un bucle o rizo y se hará una asignación supuesta de los números.
- Introducir los ramales secundarios al flujo principal por la izquierda de éste, siempre que sea posible.
- Poner el nombre de la actividad a cada acción correspondiente. En la figura 3.9 se muestra un diagrama de flujo.

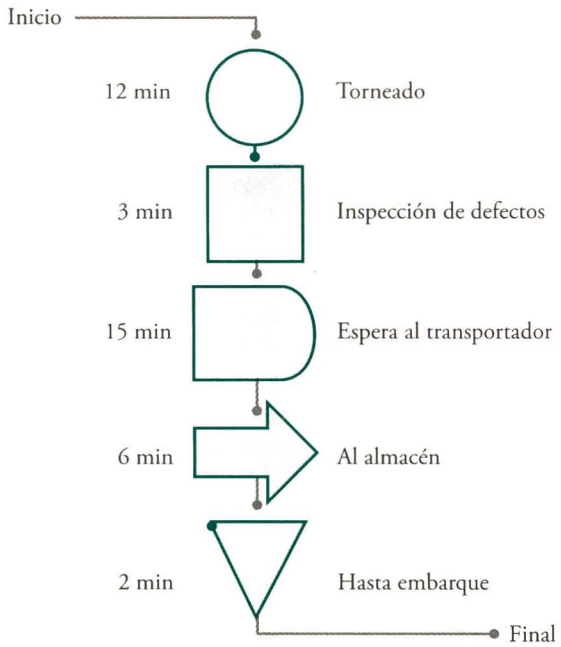


Figura 3.9 Diagrama de flujo de proceso.

Cursograma analítico Más que un diagrama, es una técnica que consiste en hacer un análisis muy detallado del proceso, básicamente con la intención de reducir el tiempo, la distancia, o ambos parámetros dentro de un proceso que ya está en funcionamiento. A diferencia del diagrama de bloques y del diagrama de proceso, los cuales pueden ser empleados en estudios sobre instalaciones que todavía no existen, el cursograma analítico es más apropiado para estudios de redistribución de planta, esto limita su uso en proyectos de ampliación de la capacidad de instalaciones y, por supuesto, en estudios de redistribución de áreas.

En la figura 3.10 se muestra un formato de cursograma analítico, donde se pueden observar las columnas de tiempo y distancia, y en la parte superior las leyendas *Método actual* y *Método propuesto.* Se espera que en el método propuesto, es decir, en la redistribución de áreas, el tiempo, la distancia o ambos se hayan reducido. Recuerde que uno de los principios básicos de la distribución de instalaciones es minimizar la distancia recorrida por los materiales dentro de un proceso de producción, y ésta es una herramienta apropiada para lograr tal objetivo.

Diagrama de hilos y diagrama de recorrido Básicamente son lo mismo, excepto por la forma en que se presentan. Ambos muestran con una gráfica la ruta que recorre la materia prima, desde que sale del almacén hasta que se convierte en producto final. Mientras el diagrama de hilos se presenta como una maqueta tridimensional y con hilos de colores se señala el recorrido de los materiales, en el diagrama de recorrido se hace exactamente lo mismo, pero sólo sobre un dibujo. Algunos software comerciales permiten hacer estos estudios con mucha facilidad, pues se puede dibujar toda la maquinaria y equipos del proceso, y después simula el movimiento de las máquinas, permitiendo de una manera rápida y eficiente obtener una representación del proceso, no sólo donde se pueda

Cursograma analítico								
Método actual						Fecha		
Método propuesto						Elaboró		
						Núm. de cat.		
Detalles del método	Actividad					Tiempo	Distancia	Observaciones
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	○	⇨	□	D	▽			
	Totales							

Figura 3.10 Hoja de cursograma analítico.

observar el recorrido de materiales, sino también que el recorrido ya esté optimizado en términos de la distancia recorrida. Por lo tanto, estos diagramas son más apropiados para hacer estudios de distribución y redistribución de planta.

Iconograma Icono significa *imagen*, por lo que un iconograma es la representación de un proceso por medio de imágenes estilizadas de todos los componentes de un proceso, lo cual incluye hombres, máquinas y medios de transporte de materiales. Es una herramienta útil para representar procesos, sobre todo si a quien va a leer el estudio de evaluación se le dificulta el entendimiento de la simbología internacional. Pueden agregarse tantos detalles del proceso a un iconograma como se juzgue conveniente.

Diagrama sinóptico[2] Este diagrama sólo utiliza los símbolos internacionales de operación y transporte, es decir, es un diagrama sintetizado de un proceso. Se utiliza para representar procesos complejos que puedan tener decenas o aun cientos de actividades. Precisamente, el diagrama mostrará de manera rápida y clara las principales actividades, omitiendo mostrar las demoras, almacenamiento e inspecciones. Si el proceso a analizar es muy sencillo, de no más de 30 operaciones, es mejor utilizar un diagrama de flujo normal que intentar sintetizarlo.

Cuando se hace la evaluación de un proyecto, el uso de un determinado diagrama debe obedecer al objeto del estudio, ya que no es lo mismo hacer el estudio de una planta completa nueva que la evaluación de la ampliación de la capacidad instalada o la evaluación para lanzar al mercado un producto nuevo dentro de una planta que ya está funcionando. Los diagramas de flujo, de bloques y los iconogramas son útiles para evaluaciones de nuevas instalaciones; el cursograma analítico y los diagramas de recorrido e hilos son más apropiados para hacer estudios de distribuciones o redistribuciones, y no para representar los procesos, es decir, se utilizan más en estudios de ampliación de capacidad o de elaboración de nuevos productos en plantas ya existentes, en tanto que el diagrama sinóptico sólo es un auxiliar para representar procesos muy complejos.

[2] Sinóptico. Palabra que se aplica a lo que permite apreciar con brevedad y claridad las distintas partes de un todo.

Factores relevantes que determinan la adquisición de equipo y maquinaria

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipo y maquinaria, se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente la elección. La mayoría de la información que es necesario recabar será útil en la comparación de varios equipos y también es la base para realizar una serie de cálculos y determinaciones posteriores. A continuación se menciona toda la información que se debe recabar y la utilidad que tendrá en etapas posteriores.

a) **Proveedor** Es útil para la presentación formal de las cotizaciones.
b) **Precio** Se utiliza en el cálculo de la inversión inicial.
c) **Dimensiones** Dato que se usa al determinar la distribución de la planta.
d) **Capacidad** Es un aspecto muy importante, ya que, en parte, de él depende el número de máquinas que se adquiera. Cuando ya se conocen las capacidades disponibles hay que hacer un balanceo de líneas para no comprar capacidad ociosa o provocar cuellos de botella, es decir, la cantidad y capacidad de equipo adquirido debe ser tal que el material fluya en forma continua.
e) **Flexibilidad** Esta característica se refiere a que algunos equipos son capaces de realizar operaciones y procesos unitarios en ciertos rangos y provocan en el material cambios físicos, químicos o mecánicos en distintos niveles. Por ejemplo, ¿cuál es el grado de temperatura en el que opera un intercambiador de calor? ¿Cuál es la distancia entre las puntas en un torno? ¿Cuáles son los diámetros máximos y mínimos con los que trabaja un torno?
f) **Mano de obra necesaria** Es útil al calcular el costo de la mano de obra directa y el nivel de capacitación que se requiere.
g) **Costo de mantenimiento** Se emplea para calcular el costo anual del mantenimiento. Este dato lo proporciona el fabricante como un porcentaje del costo de adquisición.
h) **Consumo de energía eléctrica, otro tipo de energía o ambas** Sirve para calcular este tipo de costos. Se indica en una placa que traen todos los equipos, para señalar su consumo en watts/hora.
i) **Infraestructura necesaria** Se refiere a que algunos equipos requieren alguna infraestructura especial (por ejemplo, alta tensión eléctrica), y es necesario conocer esto, tanto para preverlo, como porque incrementa la inversión inicial.
j) **Equipos auxiliares** Hay máquinas que requieren aire a presión, agua fría o caliente, y proporcionar estos equipos adicionales es algo que queda fuera del precio principal. Esto aumenta la inversión y los requerimientos de espacio.
k) **Costo de los fletes y de seguros** Debe verificarse si se incluyen en el precio original o si debe pagarse por separado y a cuánto ascienden.
l) **Costo de instalación y puesta en marcha** Se verifica si se incluye en el precio original y a cuánto asciende.
m) **Existencia de refacciones en el país** Hay equipos, sobre todo los de tecnología avanzada, cuyas refacciones sólo pueden obtenerse importándolas. Si hay problemas para obtener divisas o para importar, el equipo puede permanecer parado y hay que prevenir esta situación.

Distribución de la planta

Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta

distribución de la planta proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores

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

Los objetivos y principios básicos de una distribución de la planta son los siguientes:

1. **Integración total** Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.

2. **Mínima distancia de recorrido** Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.
3. **Utilización del espacio cúbico** Aunque el espacio es de tres dimensiones, pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.
4. **Seguridad y bienestar para el trabajador** Éste debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
5. **Flexibilidad** Se debe obtener una distribución fácilmente reajustable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

Tipos de proceso y sus características

Cualquiera que sea la manera en que esté hecha una distribución de la planta, afecta al manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados. La distribución está determinada en gran medida por:

1. El tipo de producto (ya sea un bien o un servicio, el diseño del producto y los estándares de calidad).
2. El tipo de proceso productivo (tecnología empleada y materiales que se requieren).
3. El volumen de producción (tipo continuo y alto volumen producido o intermitente y bajo volumen de producción).

Existen tres tipos básicos de distribución:

a) **Distribución por proceso** Agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares y hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción. El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo individuales. Éstas son las principales características de la distribución por proceso: son sistemas flexibles para trabajo rutinario, por lo que son menos vulnerables a los paros. El equipo es poco costoso, pero se requiere mano de obra especializada para manejarlo, lo cual proporciona mayor satisfacción al trabajador. Por lo anterior, el costo de supervisión por empleado es alto, el equipo no se utiliza a su máxima capacidad y el control de la producción es más complejo.

b) **Distribución por producto** Agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o usuario. Las líneas de ensamble son características de esta distribución con el uso de transportadores y equipo muy automatizado para producir grandes volúmenes de, relativamente, pocos productos. El trabajo es continuo y se guía por instrucciones estandarizadas. Sus principales características se mencionan a continuación.

Existe una alta utilización del personal y del equipo, el cual es muy especializado y costoso. El costo del manejo de materiales es bajo y la mano de obra no es especializada. Como los empleados efectúan tareas rutinarias y repetitivas, el trabajo se vuelve aburrido. El control de la producción es simplificado, con operaciones interdependientes, y por esa razón la mayoría de este tipo de distribuciones es inflexible.

c) **Distribución por componente fijo** Aquí la mano de obra, los materiales y el equipo acuden al sitio de trabajo, como en la construcción de un edificio o un barco. Tienen la ventaja de que el control y la planeación del proyecto pueden realizarse usando técnicas como el CPM (ruta crítica) y PERT.

Actualmente hay muchos avances en la implantación de distribuciones flexibles. Esto es, distribuciones de fácil y económica adaptación a un cambio de proceso de producción, que incorpore las ventajas de la distribución por proceso y por producto, lo cual haría a una empresa mucho más competitiva en su área.

Balance de materia prima

En todos los procesos productivos de manufactura no toda la materia prima que entra al proceso de transformación se convierte en producto terminado. Esto se debe a que en el proceso se pueden ge-

nerar subproductos y desechos, tanto contaminantes como no contaminantes, además de pérdidas de producto al momento de envasar o por el mal manejo de materiales.

Por ejemplo, cuando se acude a un sastre para ordenar que se haga ropa a la medida, normalmente el sastre pedirá cierta cantidad de tela, que al momento de hacer el corte de las piezas que conformarán la prenda, se desperdiciará, en forma natural, un porcentaje del total, que es lo mismo que sucede en la fabricación de ropa a gran escala.

Otro ejemplo es la elaboración de piezas metálicas que llevan perforaciones hechas con torno o avellanado, o el fresado de metales, donde hay pérdida de polvo o viruta de metal en forma natural. Un ejemplo adicional es la elaboración de pectina, producto natural que se extrae de la cáscara de limón; en este proceso, se separa la cáscara del fruto, pero en forma adicional se extrae el jugo de limón, y de la cáscara ya sin la cutícula blanca, que es la que contiene pectina, se puede extraer aceite que es utilizado como esencia que confiere un olor agradable a ciertos limpiadores y sanitizadores de uso casero.

Se puede observar que en cada uno de los procesos mencionados hay un producto principal y subproductos, algunos con valor comercial y en ocasiones, como en el caso de la producción de pectina, hay un desecho, que es el bagazo de la fruta exprimida, que si no se dispone de ella adecuadamente, es un desecho contaminante.

El análisis del balance de materia prima implica calcular la cantidad de materia prima que debe comprarse para obtener exactamente la cantidad de producto terminado que se quiere.

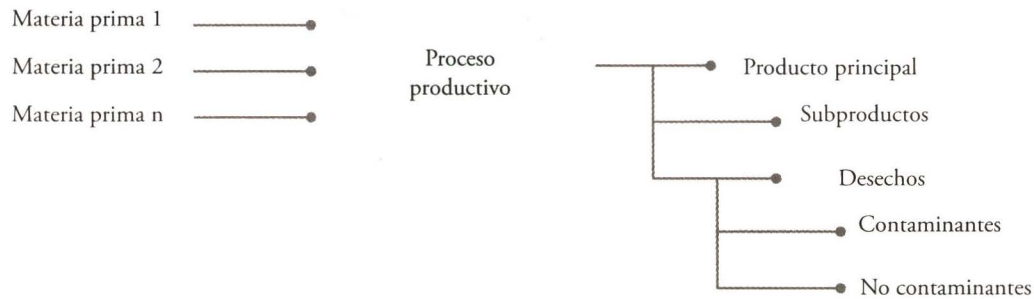


Figura 3.11 Balance de materia prima.

Veamos otros ejemplos y problemas en el tema de la materia prima que se pueden presentar. ¿Cuántos metros de tela se deben comprar en la elaboración de pantalones de mezclilla si el ancho del rollo de tela es de 2.55 m y se quieren fabricar 1000 pantalones talla 34, con una merma en el corte de 6%?

Por otro lado, en la fabricación de placas metálicas de acero de 12.5 × 12.5 pulg, de 1 pulg de espesor, que lleva 2 perforaciones de taladro de ¼ de pulg, y tres perforaciones de taladro de 1 pulg con avellanado, surge la pregunta acerca de cuánto material es de desecho y si este desecho tiene un valor comercial.

Asimismo, se quiere fabricar 1 tonelada diaria de pectina. Por cada kg de limón se puede obtener el 3.8% de pectina, 28% de jugo de limón, 0.5% de aceite de esencia de limón y el resto es desecho. ¿Cuántas toneladas de limón se deben comprar por día? ¿Qué cantidad de cada subproducto se va a obtener? ¿Qué cantidad de desechos se va a obtener y cómo se va a disponer de ellos?

Es importante señalar que normalmente en cualquier proceso productivo general se pueden encontrar varios subprocesos en los cuales puede ir cambiando el balance de materia prima, es decir, en esos subprocesos se va agregando más materia prima, así como se pueden ir generando subproductos y desechos.

Como se podrá observar, este análisis es básico, sobre todo para calcular la cantidad de materia prima que debe comprarse, para el cálculo de los costos de producción, y para planear la disposición o tratamiento de desechos.

Balance de equipo

También llamado balanceo de equipo, es un análisis que se hace para determinar el porcentaje de tiempo que se utilizan los equipos y el porcentaje de tiempo efectivo de trabajo de cada obrero.

Como se sabe, hay dos tipos de máquinas o equipos: el *equipo clave* y el equipo o máquinas comunes. Un equipo clave es aquel que es muy costoso y que tiene características estandarizadas en el mercado; por lo tanto, es un equipo que deberá estar ocioso el menor tiempo posible, de lo contrario se tendría una alta inversión sin obtener mucho provecho de ella.

Por ejemplo, si se compra un equipo CNC (Control Numérico Computarizado), para la elaboración de piezas metálicas de alta precisión, no sería conveniente que el equipo sólo trabajara tres horas por turno.

Por otro lado, el equipo común es aquel que se puede fabricar a la medida de las necesidades de la empresa, y normalmente es de bajo costo. Por ejemplo, un tanque o una marmita de acero inoxidable (AI) es un equipo que se puede elaborar en la o las capacidades que sean adecuadas para el proceso productivo. Si un tanque de AI se utiliza una o dos horas en un turno de trabajo, normalmente no tendrá mucho efecto en la rentabilidad de la empresa y en la eficiencia del proceso productivo. Los datos para realizar este análisis se pueden obtener con mucha facilidad a partir del diagrama de usos múltiples o diagrama para justificar la cantidad de equipo comprado.

Con base en el diagrama de usos múltiples, una vez que se totaliza el tiempo que va a estar operando un equipo clave, ese tiempo se divide entre el total de horas disponible de ese equipo. Por ejemplo, se ha determinado que un equipo clave esté activo en un turno de trabajo 6 horas con 48 minutos, esto es 408 minutos. El turno de trabajo es de 8 horas, pero considerando que el equipo no empieza a ser utilizado inmediatamente después de iniciar el turno de trabajo, se considera un 90% del tiempo total del turno, $8 \times 60 \times 0.9 = 432$ minutos. Es decir, el porcentaje de utilización del equipo clave es: $408/432 = 0.94$ o 94%.

Suponga que el tiempo necesario que trabaje el equipo es de 477 minutos y sólo se tienen disponibles 432 minutos por turno. Hay dos formas de resolver el problema; la primera es trabajando un poco de tiempo extra y la segunda solución es comprar dos máquinas que realicen el mismo trabajo, pero de menor capacidad, porque si se compra otra de la misma capacidad, entonces sólo se utilizaría: $(477 - 408)/432 = 15.9\%$ del total disponible. Por otro lado y si éste fuera el caso, podría suceder que se trabajan tres turnos y no hay forma de tener tiempo extra, en cuyo caso habría que comprar un equipo adicional, o dos de menor capacidad.

Como se podrá observar, este tipo de determinaciones permite "balancear" o equilibrar la carga de trabajo de cualquier máquina, con el objetivo tanto de evitar cuellos de botella sobresaturando la capacidad de la máquina, como evitar tenerla mucho tiempo ociosa

Métodos de distribución. Diagrama de recorrido y SLP

La distribución de una planta debe integrar numerosas variables interdependientes. Una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento, mientras que permite aprovechar al máximo la eficiencia de los trabajadores. El objetivo de cada una de las distribuciones es:

a) **Distribución por proceso** Reducir al mínimo posible el costo del manejo de materiales, ajustando el tamaño y modificando la localización de los departamentos de acuerdo con el volumen y la cantidad de flujo de los productos.
b) **Distribución por producto** Aprovechar al máximo la efectividad del trabajador agrupando el trabajo secuencial en módulos de operación que producen una alta utilización de la mano de obra y del equipo, con un mínimo de tiempo ocioso.

Los métodos para realizar la distribución por proceso o funcional son el diagrama de recorrido y el SLP (*Systematic Layout Planning*).

Método del diagrama de recorrido Es un procedimiento de prueba y error que busca reducir al mínimo posible los flujos no adyacentes colocando en la posición central a los departamentos más activos. Se desarrolla una carta o diagrama de recorrido (*travel chart*) para mostrar el número de movimientos efectuados entre departamentos y así identificar los departamentos más activos. La solución se logra por medio de una serie de pruebas usando círculos para denotar los departamentos

ANDIVAR

y líneas conectoras para representar las cargas transportadas en un periodo. Se llaman departamentos adyacentes aquellos que en la distribución hayan quedado juntos, arriba, abajo, a los lados o en forma diagonal. El método se puede desarrollar en cinco pasos:

		Número de movimientos hacia						
		A	B	C	D	E	F	G
Desde	A	—						
	B		—					
	C			—		10		
	D				—			
	E					—		
	F						—	

Figura 3.12 Matriz de un diagrama de recorrido (*travel chart*).

1. Construya una matriz en donde tanto en los renglones como en las columnas aparezcan todos los departamentos existentes en la empresa (vea la figura 3.12).
2. Determine la frecuencia de transporte de materiales entre todos los departamentos llenando la matriz. Así, en el ejemplo del departamento C al E hay una frecuencia de 10 movimientos.
3. Ubique en la posición central de la distribución al o los departamentos más activos. Esto se logra con sólo sumar de la matriz el número total de movimientos en cada departamento tanto de adentro hacia afuera como de afuera hacia adentro.
4. Mediante aproximaciones sucesivas, localice los demás departamentos, en forma que se reduzcan al mínimo posible los flujos no adyacentes.
5. La solución es óptima si se han logrado eliminar todos los flujos no adyacentes. Si éstos aún persisten, intente reducir al mínimo posible el número de unidades que fluyen a las áreas no adyacentes, ponderando distancia y número de unidades transportadas. El método de diagrama de recorrido se debe utilizar cuando el transporte de materiales es intenso pero no es costoso.

El doctor Richard Muther fue de los primeros estudiosos de la ingeniería industrial que comparó los sistemas del cuerpo humano con los sistemas que puede haber en una industria. Una de sus primeras analogías fue la siguiente:

Tabla 3.4 Analogía entre sistemas del cuerpo humano con sistemas industriales de acuerdo con Richard Muther

Sistemas del cuerpo	Sistemas industriales	Desarrollo de Muther
Sistema óseo o huesos	Distribución de instalaciones	SLP, Systematic Layout Planning
Sistema muscular	Manejo de materiales	SHA, Systematic Handling Analysis
Sistema nervioso	Sistemas de información	SCA, Systematic Communication Analysis
SIstema circulatorio	Servicios en general	SUA, Systematic Utilities Analysis
Carne y piel	Edificio, paredes, etcétera	SBP, Systematic Building Anaysis

Los dos primeros, SLP y SHA, los utilizan en gran medida los ingenieros industriales, en tanto que los tres últimos son menos conocidos y utilizados. Sin embargo, a pesar de que el desarrollo de las ciencias de la informática ha superado con creces la idea original de Muther sobre un sistema de información (SCA) que deba existir en la empresa para controlar todo el flujo de información que se genera dentro de ella, hay que reconocer que él fue el primero que vislumbró la necesidad de la existencia de un sistema de este tipo en empresas de manufactura. Comentaremos brevemente el método SLP porque es el único que tiene más utilidad para estudios de factibilidad.

El método SLP se basa en un código de cercanías entre las áreas que conforman la empresa y se utiliza cuando el flujo de materiales no es intenso ni costoso. Conforme se avanza en la aplicación del método, se van usando todos o casi todos los principios básicos de la distribución de planta. Aunque parece muy sencillo, el método en realidad requiere conocer perfectamente la tecnología de producción. Para empezar, el método solicita que se conozca los datos de PQRST, que son las siglas en inglés del diagrama de la planeación sistemática de la distribución de instalaciones que se presenta en la figura 3.13.

P es la letra inicial de *Producto* o *Product*, esto es, primero es necesario conocer el producto cuyas instalaciones de producción se van a distribuir; en este punto, el producto ya debió haberse

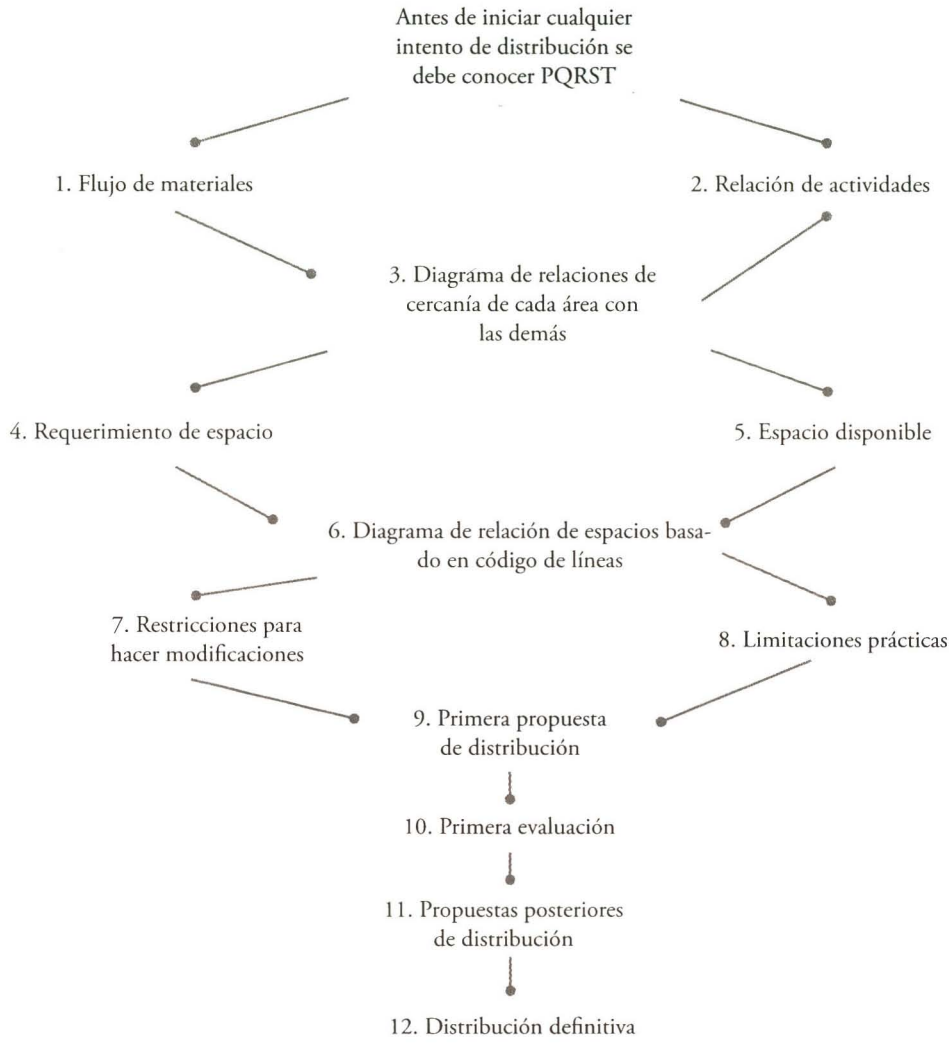


Figura 3.13 Planeación sistemática de la distribución de instalaciones.

descrito, pues en el estudio del mercado, el primer punto que se desarrolla es la definición de él. La letra Q es la inicial de *Quantity* o *Cantidad* que se pretende elaborar. Al llegar a este punto ya se determinó la capacidad instalada de la nueva planta, el número de turnos por día que se van a trabajar y los días laborables por semana. R es la inicial de la palabra *Route* o *Secuencia* de las actividades para la elaboración del producto, que ya se describió mediante uno o dos diagramas de flujo de proceso. La letra S es la inicial de *Supplies* o *Suministros* que requiere el proceso productivo, tales como agua (fría o caliente), aire a presión, energía eléctrica trifásica, entre otros. Finalmente T es la inicial de *Time* o *Tiempo*, que alude tanto a la programación de la producción como al tiempo que toma la elaboración de un lote de producción.

Como se puede observar, el conocimiento de PQRST implica realmente conocer todos los detalles del proceso productivo. Por lo tanto, no intente realizar una buena distribución de las instalaciones de la planta si no está seguro de conocer al detalle estos cinco parámetros.

Los siguientes puntos son conocer el flujo de materiales y la relación entre las actividades. Esto se debe conocer perfectamente desde el momento en que, mediante el uso de un diagrama de flujo, se describió toda la secuencia de las actividades del proceso de producción.

El siguiente paso del SLP es desarrollar el diagrama de relación de espacios basado en un código de cercanía y un código de razones. Los códigos de cercanía y de razones aparecen en la figura 3.14.

El diagrama de relación de actividades se realiza basado en un conocimiento casi perfecto del proceso de producción, pues se deberá estar consciente de poder justificar el porqué dos áreas debe-

Código	Significado del código	Código de líneas
A	Absolutamente necesario que estén cerca	
E	Especialmente importante que estén cerca	
I	Importante que estén cerca	
O	Ordinario o común que estén cerca	
U	(Unimportant) Sin importancia que estén cerca	
X	Indeseable que estén cerca	

Figura 3.14 Código de cercanía y código de líneas.

rán estar necesariamente una al lado de la otra, o bien totalmente alejadas una de la otra.

Como se puede observar en el diagrama anterior, cada celda en forma de rombo puede dividirse en dos. En la parte superior deberá anotarse el código de cercanía y en la parte inferior un código de razones. Las razones por las cuales un área debe estar cerca (o lejos) una de otra, pueden ser varias, entre ellas están:

1. Por reglamento.
2. Por seguridad.
3. Por higiene.
4. Por comodidad.
5. Por estética.
6. Por políticas de la empresa.

El siguiente paso del SLP es calcular las áreas necesarias para cada una de las actividades listadas en el diagrama de relación de áreas, y se compara el total contra el área realmente disponible dentro de la planta. Sólo en proyectos reales se puede dar el caso de que el área disponible sea menor que el área necesaria, en cuyo caso será conveniente aplicar el principio de *aprovechamiento del espacio cúbico*. En proyectos para plantas totalmente nuevas no deberá haber restricciones en este aspecto, excepto que ya se tenga un terreno determinado para instalar ahí la nueva unidad productiva.

El siguiente paso del SLP es hacer la primera aproximación hacia la distribución de planta, traduciendo las relaciones mostradas en el diagrama de correlación de áreas a un croquis o diagrama que muestre en la superficie real disponible, la distribución de las áreas de acuerdo con el código de cercanía expresado mediante el código de líneas. Esto se muestra en la figura 3.16.

Para empezar a construir este diagrama, primero se consideran las áreas que tengan un código A o de cuatro líneas; estas áreas se colocarán al centro del terreno disponible. Luego se consideran las áreas con código E o de tres líneas, después las áreas de código I de dos líneas, etc. De esta forma, las áreas que se quiere que no estén cerca se consideran al final y automáticamente quedarán muy separadas pues las demás áreas ya ocuparon la parte central del terreno. Se puede observar en la figura 3.16 que ya aparece una distribución de las áreas de la planta el terreno o espacio disponible. El último paso del método SLP es consultar esta primera propuesta de distribución con todas las áreas y hacer los ajustes necesarios a fin de obtener la distribución definitiva.

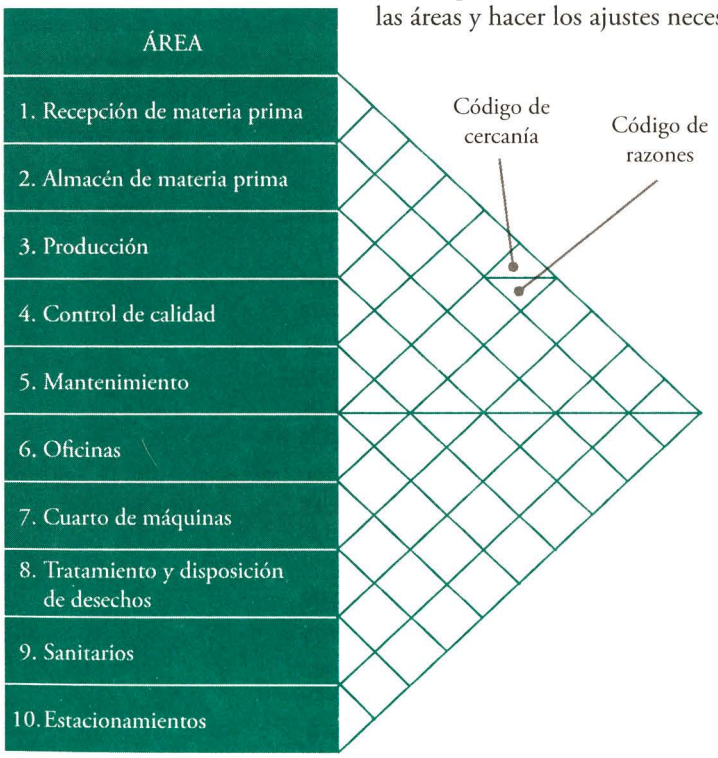


Figura 3.15 Diagrama de correlación de áreas.

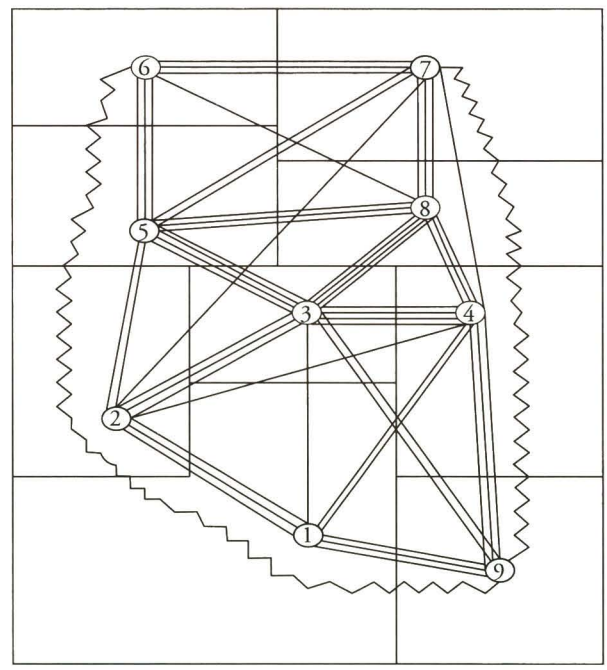


Figura 3.16 Primera aproximación a la distribución de planta utilizando código de líneas.

También es importante hacer notar que para la distribución general de planta, se considera el principio de *integración total*, por lo que deben tomarse en cuenta todas las áreas de la planta; se requiere de otro estudio de distribución sólo para el área de producción, en caso de que la cantidad de máquinas en esta área sea de tal magnitud que no sea posible hacer una adecuada distribución de las máquinas y equipos de manera sencilla.

Cálculo de la mano de obra directa

Por mano de obra directa se debe entender sólo a los obreros o trabajadores que realizan actividades directas para la transformación de la materia prima en producto terminado. El gerente de producción, jefes de turno, supervisores de producción y asistentes de la gerencia de producción se consideran como *mano de obra indirecta*, esto es, trabajan en el área de producción, pero no intervienen directamente en la transformación de la materia prima. El cálculo de la mano de obra directa debe derivar en la determinación de la cantidad de obreros necesarios por turno de producción, ya sea que un turno sea de 8, 9 o incluso 10 horas de trabajo.

Se ha recomendado que al invertir en un proyecto productivo, unas de las principales premisas sean conocer y dominar la tecnología de producción, ya sea el propio inversionista o un experto en esa tecnología que asesore al inversionista en asuntos tecnológicos. En la determinación de la mano de obra directa se hace patente este requisito.

Una de las formas para realizar esta determinación, es construir una tabla que contenga las siguientes columnas:

Actividad	Descripción	Equipo utilizado	Capacidad del equipo	Mano de obra necesaria	Frecuencia por turno	Tiempo total/ turno
1						
2						
....						
n						

Primero hay que conocer cada una de las actividades que comprende el proceso productivo, el cual ya se hizo al describir el proceso, y en estas dos secciones es donde se debe demostrar que se domina la tecnología de producción. En la primera columna de la tabla se anotan todas las actividades que ya se anotaron previamente en el diagrama de flujo del proceso. En la siguiente columna se describe esa actividad, por ejemplo, contar o pesar materia prima para retirarla del almacén y llevarla a producción, y entonces empezar con las actividades propias del proceso de transformación de la materia prima, como cortar, rolar, taladrar, calentar, medir, etcétera.

En la siguiente columna se describe el equipo o maquinaria utilizada, ya que de acuerdo con el grado de automatización de esa máquina, dependerá en gran medida la cantidad de mano de obra utilizada. La siguiente columna describe la capacidad de ese equipo. Por ejemplo, la primera actividad es cortar láminas de acero de 1/16 de pulgada de espesor y después rolar las láminas. La cantidad de mano de obra necesaria para realizar estas operaciones dependerá del tamaño de las láminas de acero y de la automatización de la cortadora y de la roladora.

Ambas pueden ser manuales o ambas pueden ser automáticas, y no es lo mismo realizar estos procesos en láminas de por ejemplo, 5″ × 15″ que en láminas de 100″ × 150″. Si se cuenta con un equipo totalmente automático, y las láminas son muy grandes, las dos operaciones las podrá supervisar un solo obrero, ya que incluso el transporte de las láminas se hará por medio de bandas y grúas. Por otro lado, los equipos pueden ser semiautomáticos o manuales, es decir, las láminas se cortan con una sierra cinta, y las láminas deberán transportarse y colocarse de manera manual en las máquinas, donde evidentemente un obrero no será suficiente para realizar estas actividades.

Otro ejemplo es el llenado o trasvasado de un líquido de un tanque a otro. Supóngase que la actividad consiste en llenar un tanque de agua hasta un volumen de 20 000 L. Desde luego en este caso el tiempo necesario dependerá de la capacidad de la bomba y de que la supervisión del volumen en el tanque se haga manualmente o que el tanque cuente con un dispositivo automático para dete-

ner el funcionamiento de la bomba. Hay que observar que el objetivo de la tabla es la determinación de la cantidad de mano de obra necesario y no del tiempo que consume la actividad, ya que en el caso del llenado del tanque, la cantidad de mano de obra necesaria es simplemente que el operario mueva un interruptor para activar la bomba, y después de cierto tiempo bajarlo para apagarla. Pero si el equipo es por completo automático, como en el caso de los proceso de pasteurización de jugos o de leche fresca, el operario no tiene más que supervisar que las bombas se enciendan y apaguen.

En un proyecto, el analista del proceso deberá tener en cuenta estas situaciones. En el caso del cortado y rolado de láminas de metal, la supervisión continua de esas actividades es esencial, aunque se cuente con máquinas automáticas, y por supuesto, si las máquinas no son automáticas, la cantidad de mano de obra requerida será mayor. En el caso del llenado del tanque, la cantidad de mano de obra requerida es mínima e incluso cero, ya que levantar y bajar un interruptor no requiere más de unos pocos segundos, y si el proceso es totalmente automático, no se necesita la supervisión de esa actividad, es decir, la mano de obra es cero; por lo tanto, aunque la actividad pueda tomar algunos minutos, la utilización de la mano de obra es muy baja o cero, y en ese tiempo el obrero puede realizar cualquier otra labor. Regresando a la tabla de determinación de la mano de obra necesaria, en el último caso habrá una actividad, pero la mano de obra necesaria es cero.

Otros factores muy importantes en la determinación de la mano de obra necesaria son los métodos de transporte de materiales utilizados en el proceso. En el caso del corte y rolado de láminas de acero muy grandes o muy pesadas, se puede hacer de forma manual hasta cierto peso de las láminas, o es posible que por su tamaño, cada lámina pueda ser transportada manualmente en cada una de las actividades, lo cual, por supuesto, consumiría más mano de obra, aunque disminuiría la inversión inicial.

La siguiente columna de la tabla muestra el consumo real de mano de obra de esa actividad y debe expresarse en minutos. Por ejemplo, en el caso del corte y rolado de láminas de metal, incluso si el equipo es totalmente automatizado, se requiere de la supervisión continua de esas actividades y la mano de obra necesaria consiste en un obrero que esté pendiente durante todo el tiempo que esas máquinas estén trabajando. En el caso del llenado de un tanque con líquido, en la que el obrero tenga que subir y bajar manualmente el interruptor de la bomba, la cantidad de mano de obra necesaria podría ser sólo de cinco minutos, aunque la actividad pudiera tomar 34 minutos.

La penúltima columna de la tabla indica cuántas veces por turno se realiza esa actividad. Por ejemplo, supongamos que la actividad consiste en pesar cierta cantidad de materia prima antes de salir del almacén. Pesar la materia prima para cada lote de producción requiere de 18 minutos de mano de obra y se procesan 6 lotes cada turno; por lo tanto, se requieren 108 minutos de mano de obra para realizar esta actividad durante todo el turno.

La última columna de la tabla reúne los totales de cada una de las actividades que comprende el proceso productivo. Al final se deberán sumar los minutos de todas las actividades para obtener el total y con base en esa cantidad se obtiene directamente el número total de obreros u operarios necesarios de mano de obra directa por turno de trabajo.

La importancia del balanceo de la mano de obra radica en determinar la cantidad de obreros que se deben contratar previendo que ocasionalmente algunos de ellos se van a ausentar del trabajo por enfermedad, por vacaciones o por cualquier tipo de incapacidad. La empresa deberá contar con personal que sustituya a esos trabajadores que se pueden ausentar, de lo contrario podría disminuir la eficiencia del proceso productivo al grado de no elaborar la cantidad de producto planeado para cierto periodo. Como contraparte, si se contrata a demasiado personal, el tiempo de ocio será mayor y esto repercutirá directamente en los costos de producción.

La forma de cálculo es muy sencilla. Suponga que el total fue de 3 658 minutos. Se sabe que en una jornada de ocho horas de trabajo, un obrero trabaja en forma efectiva 80% de ese tiempo, debido a que, por ley, se le debe dar tiempo para tomar alimentos una sola vez por turno; asimismo, debe tener tiempo para ir al sanitario tres o cuatro veces por turno y, además, se le debe dar tiempo para cambiarse de ropa, al iniciar y al terminar el turno. Normalmente el obrero también es el encargado, al final del turno, de limpiar el o los equipos con los cuales trabaja para dejarlos en condiciones apropiadas de uso para el siguiente turno. De esta forma, el tiempo efectivo de trabajo de un obrero en una jornada de 8 horas es (8 horas $\times$ 0.8) = 6.4 horas o 384 minutos.

Si se supone que de la tabla de cálculo de la mano de obra directa se determinó que son necesarios 3 658 minutos de mano de obra efectiva, entonces se necesitarán 3 658/384 = 9.52 obreros. Como

no hay fracciones de obrero, esto significa que se deberán contratar 10 obreros. Esta determinación considera que durante todo el año nunca va a faltar ningún obrero, ni tampoco considera vacaciones.

Tomando en cuenta estas situaciones, el planeador de la empresa incrementará la cantidad de obreros en uno o dos trabajadores adicionales y hará la siguiente determinación:

Con 10 obreros:

- Tiempo total disponible de mano de obra:
  $10 \times 384 = 3\,840$ minutos.
- Tiempo total requerido:
  3 658 minutos.
- Eficiencia de uso de la mano de obra:
  $3\,658/3\,840 = 0.952$ o 95.2%.

Con 11 obreros:

- Tiempo total disponible de mano de obra:
  $11 \times 384 = 4\,224$ min.
- Tiempo total requerido:
  3 658 minutos.
- Eficiencia de uso de la mano de obra:
  $3\,658/4\,224 = 0.866$ o 86.6%.

Con 12 obreros:

- Tiempo total disponible de mano de obra:
  $12 \times 384 = 4\,608$.
- Tiempo total requerido:
  3 658 minutos.
- Eficiencia en el uso de la mano de obra:
  $3\,658/4\,608 = 0.793\,0$ 79.3%.

Hay que considerar que en este último cálculo, ya es el 79.3% del 80%, es decir, el obrero trabajaría aproximadamente 64% del tiempo que permanece por turno en la empresa. La decisión de contratar 10, 11 o 12 obreros depende exclusivamente del tipo de trabajo que se desempeñe y de la especialización requerida de cada trabajador. Por ejemplo, es muy difícil que un soldador altamente capacitado en soldadura de tanques de alta presión pueda ser sustituido por cualquier otro soldador, en tanto que un obrero cuya labor es sólo estibar las cajas del producto terminado y llevarlas al almacén, podrá ser sustituido con facilidad.

Aquí es importante resaltar la necesidad de conocer y dominar perfectamente la tecnología de producción, pues si el cálculo de la mano de obra es incorrecto, al suponer tiempos de cada actividad del proceso en forma errónea, entonces se empezará a arrastrar un error de cálculo desde el principio, y al final no se obtendrá la optimización deseada del proceso productivo, elevando los costos de producción.

Cálculo de las áreas de la planta. Bases de cálculo

Ya que se ha logrado llegar a una proporción de la distribución ideal de la planta, sigue la tarea de calcular las áreas de cada departamento o sección de planta, para plasmar ambas cosas en el plano definitivo de la planta. A continuación se mencionan las principales áreas que normalmente existen en una empresa y cuál sería su base de cálculo.

1. **Recepción de materiales y embarques del producto terminado** El área asignada para este departamento depende de los siguientes factores:
   a) Volumen de maniobra y frecuencia de recepción (o embarque).
   b) Tipo de material (varían mucho entre sí las necesidades para líquidos, granos, metales o material voluminoso, como algodón u otros).

c) Forma de recepción o embarque. Debe precisarse si se recibirá (o embarcará) haciendo un pesaje en la empresa, si el pesaje es externo, si se contarán unidades, medirán volúmenes, etcétera.

2. **Almacenes** Dentro de la empresa puede haber tres tipos de materiales: materia prima, producto en proceso y producto terminado. Para calcular el área de almacén de materia prima se recomienda usar el concepto de lote económico de la teoría de inventarios. El lote económico es la cantidad que debe adquirirse cada vez que se surten los inventarios para manejarlos en forma económicamente óptima. Es un modelo determinístico para el manejo de inventarios que supone la reposición instantánea, el consumo de materia prima a una tasa constante y el mantenimiento de una reserva de seguridad previamente establecida. El resultado del cálculo del lote económico es una cantidad dada en unidades, toneladas, litros, o cualquier otra unidad de medida, lo cual permite calcular el área necesaria para almacenar esa cantidad comprada mediante la simple multiplicación de la cantidad adquirida por el área ocupada por cada unidad. El lote económico también permite calcular la frecuencia de compra, y se deberá realizar el cálculo del mismo por cada materia prima utilizada, para así determinar el área total ocupada por la materia prima tipo A utilizada, para así determinar el área total ocupada por la materia prima. Las materias primas tipo B y C, ya no son tan importantes económicamente. Se debe calcular un área para estas materias primas, pero sin utilizar el concepto de lote económico.

   Para el cálculo del área ocupada por el producto en proceso, se puede decir que cada proceso que incurre en tener productos semielaborados es totalmente distinto. Por ejemplo, el armado de automóviles o el de aparatos eléctricos; el madurado de un queso, el curado de un tabaco, el añejamiento de un vino. Por esta razón, en caso de que en la evaluación de un proyecto se tuviera esta situación, debe estudiarse en forma especial el cálculo del área destinada para el producto en proceso.

   Para calcular almacenes de producto terminado, el grado en el que éste permanezca en bodega dependerá de la coordinación entre los departamentos de producción y ventas, aunque también de los turnos trabajados por día, y la hora y la frecuencia con la que el departamento de ventas recoge el producto terminado; es decir, si el departamento de ventas sólo recoge el producto en la mañana y se trabajan tres turnos por día, los almacenes deberán tener capacidad para guardar todo el producto de tres turnos de trabajo.
3. **Departamento de producción** El área que ocupe este departamento dependerá del número y las dimensiones de las máquinas que se empleen; del número de trabajadores; de la intensidad del tráfico en el manejo de materiales, y de obedecer las normas de seguridad e higiene en lo referente a los espacios libres para maniobra y paso de los obreros.
4. **Control de calidad** El área destinada a este departamento dependerá del tipo de control que se ejerza y de la cantidad de pruebas que se realicen.
5. **Servicios auxiliares** Equipos que producen ciertos servicios, como agua caliente (calderas), aire a presión (compresores de aire), agua fría (compresores de amoniaco o freón y bancos de hielo), no se encuentran dentro del área productiva, sino que se les asigna una localización especial, totalmente separada. La magnitud del área asignada dependerá del número y el tipo de maquinaria y de los espacios necesarios para realizar maniobras, sobre todo de mantenimiento.
6. **Sanitarios** El tamaño del área donde se encuentren está sujeta a los señalamientos de la Ley Federal del Trabajo, ordenamiento que exige que exista un servicio sanitario completo por cada 15 trabajadores del mismo sexo o fracción mayor de siete. El acondicionamiento de áreas especiales para guardar ropa (*lockers*) y de servicios de regaderas para bañarse, están sujetos a la decisión de la empresa.
7. **Oficinas** El área destinada a oficina dependerá de la magnitud de la mano de obra indirecta y de los cuadros directivos y de control de la empresa, se pueden asignar oficinas privadas para los niveles que van de jefe de turno, supervisor, gerentes (producción, administración, ventas, planeación, relaciones humanas, etc.), contadores y auxiliares, por ejemplo, además de los lugares para las secretarias de cada gerencia y del personal con que cuente cada una de ellas. Todo ello dependerá de la magnitud de la estructura administrativa y, por supuesto, de los recursos con que cuente la empresa, pues muchas funciones, tales como la contabilidad, la selección de

personal, la planeación, y otras, pueden asignarse a personas o entidades ajenas a la empresa, con lo que no serían necesarias ciertas gerencias.

También hay que tomar en cuenta el área de oficinas de atención al público, no sólo de ventas, sino también para atención de proveedores y acreedores.

8. **Mantenimiento** En todas las empresas se da mantenimiento de algún tipo. Del tipo que se aplique dependerá el área asignada a este departamento. Es claro que los recursos variarán mucho de acuerdo con sus características. Esta cuestión la decidirán los promotores del proyecto.
9. **Área de tratamiento o disposición de desechos contaminantes** Una enorme cantidad de procesos productivos genera desechos y algunos de ellos son contaminantes. Un simple residuo que genere un olor pútrido o desagradable es contaminante, y ya no se diga de arrojar al ambiente desperdicios verdaderamente contaminantes, como ácidos a los ríos, vapores corrosivos a la atmósfera, etc. Cuando se detecte que el proceso productivo genera algún tipo de desecho o subproducto contaminante, deberá preverse un área suficiente para su tratamiento o disposición de manera que cumpla con cierta reglamentación para el control y manejo de este tipo de basura.

Se considera que éstas son las áreas mínimas con que debe contar una empresa. Pueden existir muchas otras, tales como expansión, recreación, cocina, comedor, auditorio o vigilancia, pero sólo se deberán considerar en un proyecto con la aprobación previa de los promotores, ya que no son áreas estrictamente necesarias y que implican una erogación adicional, aparentemente no productiva.

Organización del recurso humano y organigrama general de la empresa

El estudio de organización no es suficientemente analítico en la mayoría de los casos, lo cual impide una cuantificación correcta, tanto de la inversión inicial como de los costos de administración. En la fase de anteproyecto no es necesario profundizar totalmente en el tema, pero cuando se lleve a cabo el proyecto definitivo se recomienda encargar el análisis a empresas especializadas, aunque esto dependerá de cuán grande sea la empresa y su estructura de organización.

Desde el momento en que los recursos monetarios en un proyecto son escasos y se fijan objetivos por alcanzar, es necesario asignar esos recursos de la mejor manera para optimizar su uso. Esta asignación práctica de recursos desde las etapas iniciales de una empresa sólo la hace un administrador eficiente.

Las etapas iniciales de un proyecto comprenden actividades como constitución legal, trámites gubernamentales, compra de terreno, construcción de edificio (o su adaptación), compra de maquinaria, contratación de personal, selección de proveedores, contratos escritos con clientes, pruebas de arranque, consecución del crédito más conveniente, entre otras muchas actividades iniciales, mismas que deben ser programadas, coordinadas y controladas.

Todas estas actividades y su administración deben ser previstas adecuadamente desde las primeras etapas, ya que ésa es la mejor manera de garantizar la consecución de los objetivos de la empresa.

Señalar que las actividades mencionadas deben ser programadas, coordinadas y controladas, no implica necesariamente que todo deba hacerse internamente en la empresa. Las actividades son tan complejas o variadas, que con frecuencia es necesario contratar servicios externos, no sólo en las etapas iniciales, sino de forma rutinaria. Ejemplo de esto es la contratación de auditorías, el servicio de mantenimiento preventivo, los estudios especiales y los cursos de capacitación, pues resulta imposible que una sola entidad productiva cuente con todos los recursos necesarios para desarrollar adecuadamente tales actividades.

Como se puede observar, la decisión de plantear en el estudio la contratación de determinados servicios externos iniciales y permanentes hará variar en gran medida los cálculos iniciales sobre inversión y costos operativos.

Por otro lado, debe aclararse que sería erróneo diseñar una estructura administrativa permanente, tan dinámica como lo es la propia empresa. Si al crecer esta última se considera más conve-

niente desistir de ciertos servicios externos, lo mejor será hacerlo así y no pensar en la permanencia de las estructuras actuales, diseñadas para cierto estado temporal de la empresa. Es decir, se debe dotar a la organización de la flexibilidad suficiente para adaptarse rápidamente a los cambios de la empresa. Esta flexibilidad también cuenta en lo que se refiere a las instalaciones y los espacios administrativos disponibles.

No hay que olvidar que mientras en algunas empresas pequeñas las actividades como la selección del personal y contabilidad las realizan entidades externas, en las grandes empresas existen departamentos de planeación, investigación y desarrollo, comercio internacional y otros. Lo que esas empresas grandes indican es que al ir creciendo, les resultó más conveniente absorber todos los servicios externos en vez de contratarlos, pero eso sólo fue posible gracias a una estructura administrativa flexible y fácilmente adaptable a los cambios.

Es necesario presentar un organigrama general de la empresa. De entre todos los tipos de organigrama que existen, como el circular, de escalera, horizontal, vertical, etc., se debe seleccionar el organigrama lineo-funcional o simplemente funcional. La razón es que se debe presentar ante el promotor del proyecto todos los puestos que se están proponiendo dentro de la nueva empresa; por lo tanto, no basta con presentar un organigrama que muestre todas las áreas de actividad, ni todos los niveles jerárquicos, que a juicio del investigador son los más apropiados al tamaño y tipo de empresa. Existen puestos como los de secretarias, asistentes, ayudantes, etc., que podrán ser mostrados mediante un organigrama funcional. Incluso las actividades de staff o de asesoría o servicio externo, que deben estar incluidas en el organigrama.

El objetivo de presentar un organigrama es observar la cantidad total de personal que trabajará para la nueva empresa, ya sean internos o como servicio externo, y esta cantidad de personal será la que se va a considerar en el análisis económico para incluirse en la nómina de pago.

El investigador deberá analizar perfectamente la cantidad de personal directivo que se va a considerar. En la fase de planeación e instalación de la empresa, seguramente habrá mucho personal de servicio externo, pero en la fase de operación normal, este tipo de personal podrá aparecer, o podrá ser personal interno a la empresa. A mayor tamaño de la organización, mayor cantidad de puestos directivos. Un error es considerar demasiado personal directivo, como gerentes, subdirectores, directores, etc., y demasiadas áreas como recursos humanos, investigación y desarrollo, planeación y diseño, control de calidad, mantenimiento, etc., en empresas muy pequeñas. Si no se consideran, no significa que actividades como selección de personal, mantenimiento y control de calidad, no vayan a existir como actividades dentro de la empresa, lo que significa que se podrá contratar como servicio externo (*outsourcing*). Incluso, una de las tendencias de la empresa moderna es contratar a los servicios de limpieza y vigilancia como servicio externo.

La base para decidir si determinada actividad debe ser interna o externa, es analizar si el personal que ocupe determinado puesto tiene suficientes actividades como para mantenerlo ocupado todo el día, durante todos los días laborables del año. Por ejemplo, si se considera que la persona que ocupe el puesto de contador general tiene tal número de actividades que realmente va a estar ocupado la mayor parte de su tiempo, entonces habrá que contratar a un contador general, incluso con auxiliares y una asistente; de lo contrario, si las actividades son pocas, será mejor contratar a un despacho de contabilidad para realizar a mucho menor costo todas las actividades relacionadas. El mismo análisis deberá hacerse con otras áreas de la planta, básicamente control de calidad, mantenimiento, asesoría legal, contratación de personal, vigilancia y personal de limpieza.

Hay una tendencia actual muy importante para la administración y organización de las empresas de nueva creación, el uso intensivo de los sistemas de información. Ya se considera obsoleta la antigua estructura del organigrama militar, donde el gerente o director general era quien tomaba las decisiones en una estructura administrativa rígida. Las nuevas tendencias impulsan a la administración por procesos y a la organización inteligente.[3]

[3] Organización inteligente no es un término presuntivo, se ha acuñado porque, al utilizar la tecnología informática, las empresas disponen con mayor facilidad de los llamados *datawarehouse* o minería de datos, entre muchas otras facilidades, lo que capacita a esa empresa para ser más inteligente que otras que no utilizan tecnología informática, en términos de la información que se puede obtener y que otorga ventajas competitivas a la empresa.

La **administración por procesos** [4] implica definir cada uno de los procesos que suceden a lo largo de la cadena de suministros[5] de la propia empresa. Este enfoque de procesos va hasta las entrañas mismas de la administración de cualquier organización, analiza los pasos, etapas o actividades que generan valor para el cliente, quien es el que realmente le interesa a los propietarios de cualquier empresa; de modo que se trata de realizar sólo las actividades generadoras de valor y eliminar, desde luego, aquellas que no lo hacen. La administración y organización de las nuevas empresas ahora están subordinadas a eficientar la cadena de suministros con todos los procesos que contiene, ya que cada uno de esos procesos agrega o genera valor para el cliente.

administración por procesos define cada uno de los procesos que suceden a lo largo de la cadena de suministros de la empresa con el fin de generar valor para el cliente

Por otro lado, una **organización inteligente** es aquella que utiliza tecnología informática en forma de una red interna en la empresa. En el pasado reciente, las pequeñas empresas adquirían una PC y software sólo para administrar y controlar la contabilidad de la empresa, luego adquirían otra PC y software para controlar los inventarios, y después otra más para planear la producción, etc. Cuando querían integrar toda esa información y sentían la necesidad de tener una red interna de PC, se daban cuenta que cada software estaba en una plataforma distinta y que era un verdadero problema reunir todos los datos de cada PC individual en una sola base para operar en forma de red.

organización inteligente es aquella que utiliza tecnología informática en forma de una red interna en la empresa

Una organización inteligente debe contar mínimo con una red de computadoras y utilizar un software que maneje la información de manera integral, llamados comúnmente ERP (*Enterprise Resources Planning* o planeación de los recursos de la empresa). Más allá de esto existe en el mercado una enorme cantidad de software, que de ser utilizado por la empresa le otorgaría grandes ventajas competitivas.

Desde luego no es objeto de este texto profundizar en estos temas, aunque es conveniente señalarlos a fin de que las empresas de nueva creación inicien sus actividades con un mayor nivel de competitividad para que así aumenten sus posibilidades de sobrevivencia y de éxito.

Planeación del organigrama por procesos

El enfoque organizacional de la mayoría de las empresas en México está diseñado para desempeñarse por funciones. Las empresas con enfoques organizacionales por funciones crean grandes y poderosos grupos especializados denominados "áreas funcionales", las cuales por su naturaleza especializada generalmente impiden el libre flujo de información hacia las demás áreas empresariales. La mayoría de los trabajadores desconocen el impacto de su actividad en la realización del resultado final esperado de cada área y hasta pueden desconocer los objetivos de la empresa, pues ésta sólo los contrata para realizar determinada función dentro de un área de la empresa.

Se puede decir que la estructura empresarial por funciones (por su naturaleza misma) que soporta las operaciones de la empresa en México, promueve la carencia de relaciones productor-consumidor (o usuario en el caso de servicios), que es la característica básica para la creación del enfoque por procesos, pues en este enfoque se trata de satisfacer las necesidades del consumidor. El reto entonces se convierte en transitar de la estructura clásica funcional a una estructura con soporte en procesos.

El éxito obtenido en aquellas empresas que se encuentran respaldadas tanto por un enfoque de procesos como de mejora continua, tienen una filosofía que se centra en que "La calidad de un producto o servicio está altamente influido por la calidad del proceso utilizado para adquirirlo, desarrollarlo y mantenerlo".

Toda nueva empresa sabe que va a entrar a un mercado altamente competitivo, cualquiera que sea el producto que elabore o el servicio que genere, y que todo lo que haga será para ofrecer un

---

[4] Proceso se define como una secuencia de pasos o etapas que se utilizan para transformar un insumo en un resultado con un valor determinado para un cliente, interno o externo. Insumo se emplea aquí con un significado general que incluye objetos, pero también cualquier tipo de aportación susceptible de generar un resultado. Cuando se emplea el término cliente interno se considera que un proceso no está aislado en la empresa, sino que forma parte de un conjunto de procesos interconectados y el resultado de uno es, a su vez, insumo del siguiente.

[5] La cadena de suministros está formada por proveedores, proveedores de sus proveedores, clientes, clientes de sus clientes, competidores con los que cooperan, transportistas de sus materias primas y de sus productos, empresas que almacenan y distribuyen sus productos, esto es, actualmente se considera que la empresa no empieza y termina en sus límites físicos, sino mucho más allá.

producto que genere valor para el cliente, consumidor o usuario. Por lo tanto, adoptar un enfoque de procesos para administrar la nueva empresa en vez de adoptar un enfoque tradicional basado en funciones, parece ser la mejor opción para cualquier empresa de nueva creación.

Los pasos básicos que debe realizar una empresa para adoptar un enfoque por procesos son los siguientes:

1. Debe declarar la visión y la misión, así como los objetivos a alcanzar, al menos para el primer año de operación.
2. Identificar los procesos que generen más valor para el consumidor, previa definición de lo que significa un proceso.
3. Mostrar la lógica de las actividades transformadoras necesarias para realizar cada proceso.
4. Identificar las entradas, las salidas, las actividades transformadoras, los factores humanos y tecnológicos para el proceso.
5. Establecer indicadores de desempeño y parámetros de referencia para el proceso.
6. Detectar puntos de decisión y de control del riesgo a lo largo del proceso.
7. Formalizar el proceso como integrante de una red de procesos.
8. Dar una base formal (soporte) para trazar estrategias de mejora a partir del proceso diseñado.

La visión, misión y objetivos los establece la alta dirección y su intención es satisfacer las necesidades del cliente. Con estos instrumentos solicita a todos los niveles inferiores a alinear sus esfuerzos para conseguir los objetivos de la empresa. El nivel genérico inmediatamente inferior a la alta dirección se le puede llamar *nivel táctico*. Aquí se incluyen todos los gerentes o jefes que puede haber en cada una de las áreas de la empresa, por ejemplo, jefe de almacén, jefe de producción, de contabilidad, entre otros. Este grupo de jefes o gerentes analizará todos los procesos que pueden ocurrir en la empresa e identificará los procesos que generan más valor para el cliente o consumidor. También comunicarán a la alta dirección los recursos que requieren para alcanzar la misión, la visión y los objetivos trazados. Si la alta dirección está de acuerdo con los requerimientos, liberará los recursos no sólo económicos, sino humanos y de inversión en equipo para alcanzar estos tres conceptos.

Luego, el nivel táctico comunicará al nivel jerárquico inferior llamado *nivel operativo*, lo que pretende la alta dirección, le dará instrucciones sobre cómo lograrlo, le dará recursos para trabajar, pero también fijará métricas de control para cada proceso, a fin de que haya resultados medibles sobre los recursos asignados para la implantación y mejora de cada proceso seleccionado. En la empresa hay multitud de procesos en cada área, pero no todos agregan valor al cliente, por eso se sugiere que primero se identifiquen y se mejoren estos últimos. Los demás procesos que son de interés sólo para la empresa se irán identificando y mejorando poco a poco.

Un proceso puede definirse como un conjunto de actividades relacionadas, que realizan personas o equipos, los cuales utilizan recursos o insumos para elaborar un producto. Aquí hay que aclarar que el producto no necesariamente es el producto final que elabora la empresa; el producto de un proceso es simplemente el resultado de haber realizado ese proceso en forma correcta y ese producto normalmente sirve de insumo para otro u otros procesos dentro de la misma empresa.

Para identificar por completo un proceso se consideran los siguientes parámetros:

- Especificar la categoría de procesos a la que pertenece; por ejemplo, puede pertenecer a los procesos de inventarios, de producción, de mantenimiento, de control de calidad, etc.
- Declarar el objetivo del proceso.
- Asignar a la persona responsable de que el proceso se efectúe correctamente, siempre que cuente con los recursos e insumos solicitados y asignar responsabilidad y autoridad a los demás participantes de las actividades del proceso.
- Declarar el producto que se espera del proceso, normalmente un insumo para el siguiente proceso.
- Especificar actividades que deben realizarse durante el proceso.
- Verificar que el producto refleje apropiadamente las especificaciones solicitadas.
- Validar que el producto satisfaga los requerimientos solicitados o el uso previsto.
- Diseñar un diagrama que muestre la relación y secuencia de las actividades del proceso y el flujo de trabajo.

- Especificar indicadores de desempeño, es decir, métricas que se ponen en práctica para verificar que las actividades del proceso se han realizado con eficiencia.

Los procesos empresariales se componen de un flujo de actividades estructuradas y coordinadas que transforman insumos en productos específicos, tienen un comienzo y un final, cuentan con una estructura para realizar actividades de transformación (gente y/o tecnología: máquinas, herramientas, métodos, procedimientos, etc.), son dinámicos, atraviesan límites funcionales, tienen un objetivo (de negocio) y crean valor para un cliente al cual le serán entregados.

Dadas las especificaciones anteriores, la administración por procesos de negocio se puede definir como un enfoque multidisciplinario y sistémico, que da coherencia a los procesos (organizacionales) con base en la investigación de los requerimientos, de las necesidades de los clientes, de la infraestructura actual y de los nuevos soportes tecnológicos, con el fin de cumplir con los objetivos del negocio y satisfacer a los usuarios en función de la calidad y eficiencia.

Así pues, para determinar los procesos que deberá tener la nueva unidad productiva, primeramente se debe identificar los requerimientos del negocio (según la industria o sector a la que pertenece) y con base en dichos requerimientos se debe catalogar a los procesos identificados y además determinar cuáles de estos procesos son clave para la organización.

En esta fase se requiere redactar la *carta del proyecto*, que es la base para la existencia del proyecto. Dicha carta contiene el proceso problemático, el alcance, los objetivos de implementación, los roles, las responsabilidades y el plan del proyecto. El principal propósito de esta carta es servir como medio de comunicación para todas las partes en las que repercute el proyecto. Los principales directivos y otros interesados en el proyecto deberán firmar esta carta ya que servirá como un mandato que el equipo del proyecto puede usar para justificar la existencia y acciones del proyecto.

Para lograr lo anterior, se debe tener en cuenta que implantar una estructura por procesos, en vez de una estructura funcional, implica grandes esfuerzos debido a que se habla del rediseño total de la empresa, asunto que requiere de conocimiento, preparación y capacitación; sin embargo, la solución parcial que permite iniciar esta transición de una manera óptima, es la creación en la estructura organizacional de "unidades de proceso de negocio" que interactuarán con los departamentos funcionales.

Por lo tanto, la recomendación para las empresas de nueva creación es que se debe diseñar un organigrama tradicional pero pensando en administrar la empresa bajo un enfoque de procesos, pues es la técnica que está dando mejores resultados en el mundo para hacer más eficiente a la empresa y obtener una mejor calidad en los productos. Actualmente existe software libre como el BPMN (*Business Process Modelling Notation*) que se describe por Bizagi BPM Suite, (2011) como la "notación gráfica que plasma la lógica de las actividades, los mensajes entre los diferentes participantes y toda la información necesaria para que un proceso sea analizado, simulado y ejecutado". Esto permite llevar a cabo las actividades de una manera unificada, estandarizada y entendible para todos los involucrados. El BPMN es un lenguaje estándar que creó el BPMI (*Business Process Management Initiative*), que forma parte de la OMG (*Object Management Group*) para el modelado de procesos además de que disminuye la brecha entre el diseño y la implementación (Bizagi BPM Suite, 2011).

Bizagi, que además tiene una versión en software libre, recomienda como primer paso modelar el proceso, luego recolectar y utilizar los datos duros del modelo, definir y establecer en el modelado las reglas del negocio, las cuales permiten que en cualquier proceso y al seguir esas reglas se puedan tomar decisiones y hacer cálculos; finalmente se define a los participantes de cada proceso con obligaciones y responsabilidad, lo que lleva directamente a la selección de los recursos humanos que deberá realizar la nueva unidad productiva.

La notación estándar que utiliza BPM y Bizagi, consiste básicamente en tres elementos:


Tareas, definidas como atómicas (muy específicas) y tareas no atómicas o más generales.


Eventos. Existen dos clasificaciones de eventos. Respecto al tiempo hay eventos de inicio, intermedios y finales. Respecto a su objetivo se agrupan en eventos de mensaje, para compensar, evento condicional, de unión (link), de señal y evento múltiple.


Salidas. Controla convergencias y divergencias de la secuencia de flujo.

Como se observa, la notación estándar utiliza los mismos símbolos de un diagrama de flujo de información, aunque Bizagi hace una sofisticación en cuanto a una definición más específica del significado de una tarea y de un evento.

Como conclusión, se recomienda que en todo proyecto de inversión en industrias de manufactura, por pequeñas o micros que puedan ser en tamaño, se haga más énfasis en definir y realizar todas las recomendaciones hechas sobre los procesos relevantes de la nueva empresa, que centrarse sólo en la descripción de un organigrama funcional.

Identificación de los procesos clave de la empresa

Los promotores de la nueva unidad productiva reconocen la importancia de la utilización del enfoque de procesos para optimizar las operaciones en toda la empresa. En vez de sólo describir el organigrama que estará vigente desde el inicio de las operaciones, los planeadores del proyecto describen los principales procesos de cada área.

Sólo se muestran en forma parcial las áreas de la nueva empresa directamente relacionadas con la producción de las mermeladas y se omiten otras áreas, tales como contabilidad o finanzas, recursos humanos, entre otras, pero esto no significa que no sean importantes. Lo que se quiere enfatizar es la enorme tarea que implica el análisis y planeación de los procesos de cualquier empresa, por pequeña que sea, importancia que se incrementa si el estudiante comprende que si se optimizan los procesos de una organización, la eficiencia, la competitividad y rentabilidad de la misma aumentarán sustancialmente.

Para cada área se describe su objetivo, los procesos que la conforman y algunas métricas sugeridas para controlar el desempeño de los procesos. Asimismo, sólo se elaboró el diagrama del proceso de recepción de materia prima. Las áreas descritas por los planeadores son las siguientes:

Almacenes

Los almacenes reciben, custodian y controlan todos los materiales y artículos que adquiere la empresa y los van entregando a quien lo solicite. Por ejemplo, distribución y ventas le pide al almacén producto terminado para vender. Por su parte, el área de mantenimiento le solicita refacciones para reparar los equipos que lo requieran. Asimismo, el área de limpieza de la empresa solicita a los almacenes detergentes, escobas, etc., que se van a utilizar para la limpieza general de la empresa. El área de oficinas le pide todo el material necesario para realizar su trabajo. Se puede decir entonces que el objetivo del área de almacenes es:

Proporcionar a todo solicitante, interno o externo a la empresa, los materiales que requiera (materia prima, producto terminado o materiales en general) en forma oportuna y en la cantidad solicitada.

Para lograr su objetivo, el almacén debe recibir todas las solicitudes de materiales y entregar éstas al departamento de compras o cualquier área que realice esta función. Debe esperar a que el área de compras adquiera el material solicitado de un proveedor externo, recibirlo y entregarlo al solicitante interno. En el caso del producto terminado, el proveedor de este material es el área de producción y el receptor es el área de distribución y ventas, pero en ese caso, el área de almacenes no recibe una solicitud de producto terminado por parte del departamento de distribución y ventas, sino este último lo solicita directamente a producción con la cantidad y tipo de producto que se requiere para determinado tiempo. Cuando el departamento de producción recibe la orden para elaborar cierto producto, entonces lo solicita al área de almacenes para que adquiera la materia prima necesaria a fin de elaborar el producto solicitado por distribución y ventas.

En muchos de los procesos que se realizan en el área de almacenes, el departamento de finanzas tiene una gran influencia pues es el que aporta los recursos monetarios para hacer las compras tanto de materia prima como de cualquier otro tipo de material y es el que, junto con almacenes, hace un conteo periódico, normalmente cada año, de las existencias que debe haber en teoría en almacenes.

Finanzas tiene mucha injerencia en el área de almacenes pues cada artículo que se maneja tiene un costo, por lo que el control de los almacenes lo ejerce tanto personal de los propios almacenes como por personal del departamento de finanzas. Aparentemente el departamento de distribución y ventas ante una auditoría con resultados inexactos podría decir "no es mi problema", pero desde el

momento en que retira producto terminado del almacén en grandes cantidades, es parte del proceso de control de almacenes y tiene responsabilidad compartida con los otros departamentos.

Hay que observar que la administración de los procesos que suceden en el área de almacenes, consiste en monitorear cada una de las piezas de cualquier materia, no sólo en cantidad sino en el valor que van adquiriendo, desde que entran a la empresa hasta que salen de la misma.

La administración del proceso de control de almacenes no es un proceso único, sino que se obtiene a través de una serie de procesos menores, el conjunto de los cuales, al actuar casi simultáneamente, lleva al control general del área de almacenes. A continuación se describen los principales procesos que se llevan a cabo en los almacenes y el objetivo de cada uno de ellos.

Procesos en los almacenes y objetivo de cada proceso:

- *Recepción de solicitud de materia prima por parte de producción, de producto terminado por parte de distribución y ventas, de materiales por parte de cualquier otra área.* Proceso de control de entrega de todo tipo de materiales.
- *Solicitud al área de compras para la adquisición de materia prima y materiales.* Proceso de control de requisiciones de compra de cualquier tipo de material.
- *Recepción de materia prima.* Control de entrada de materia prima al almacén.
- *Entrega de materia prima a producción.* Control de salida de materia prima.
- *Recepción de producto terminado de producción.* Control de entrada de producto terminado.
- *Entrega de producto terminado para distribución y ventas.* Control de salida de almacén de producto terminado.
- *Control de inventario de materia prima y producto terminado.* Proceso de organización y control del inventario del área de almacén.
- *Planeación de inventario.* Proceso de planeación y dirección del inventario mínimo que se debe tener de materia prima, producto terminado y materiales.
- *Auditoría de inventario.* Proceso de planeación y organización del conteo físico del contenido del almacén.
- *Desarrollo de requerimientos de adquisición.* Proceso de planeación y dirección para seleccionar a los mejores proveedores.
- *Administración de los modelos adoptados de inventario.* Proceso de planeación y dirección para la selección del mejor modelo para ser aplicado en la empresa.
- *Definición del proceso de organización del almacén.* Proceso de planeación y organización para determinar cantidad de personal, habilidades requeridas y las actividades que va a desempeñar cada miembro del almacén.
- *Validación de las adquisiciones y verificación de la calidad de materiales recibidos.* Proceso de control de la calidad de todas las adquisiciones.
- *Evaluación del desempeño de las funciones del almacén.* Proceso de planeación y control del funcionamiento general del área de almacenes.
- *Capacitación del personal para el manejo de almacenes.* Proceso de planeación, dirección y organización de las funciones del almacén con gente que conozca y domine su trabajo.
- *Administración de solicitudes de compra.* Proceso de planeación y organización de la información.
- *Desarrollo de acuerdos entre comprador y proveedor.* Proceso de planeación y dirección para determinar condiciones de pedido, tiempo de entrega y forma y tiempo de pago.

De los procesos mencionados que se llevan a cabo en el área de almacenes, algunos de ellos se realizan a varios niveles: directivo, táctico y operativo. Del total de estos procesos, algunos corresponden a la planeación, otros a la función directiva, otros a la función de organización y otros a la forma de controlar los procesos.

Para determinar la misión y la visión de la empresa, cada uno de los departamentos y cada área que conforma los departamentos debe tener un objetivo claramente definido, de lo contrario, cada área realizará una serie de actividades con las cuales no se tendrá la intención de llegar concretamente a algo, en tanto que con un objetivo preciso, todas las actividades estarán alineadas o en concordancia para alcanzar ese objetivo. Todos los procesos mencionados deberán tener un objetivo, el cual también deberá ser concordante con el objetivo del área, del departamento y de la empresa, por lo que la declaración del objetivo de la empresa es también muy importante.

El control de flujo de materiales en el área de almacenes es lo que empieza a agregar valor tanto al producto como a la empresa. Si el control de flujo de materiales se realiza de manera adecuada en los almacenes se obtienen los siguientes beneficios que agregan valor a la empresa:

- Se recibirá la cantidad de material que declaran las facturas de los proveedores, esto es, nunca se detectarán pérdidas en el proceso de recepción de materiales.
- Nunca se detendrá la elaboración de productos por causas atribuibles a falta de materia prima y, por lo tanto, nunca se perderá mercado por falta de producto terminado. Así, desde la selección de proveedores confiables hasta la entrega de materia prima al área de producción, deberá haber procesos perfectamente controlados.
- Ningún área detendrá sus actividades por falta de material o refacciones. Se debe evitar que, por ejemplo, el área de mantenimiento cause un paro en el departamento de producción por no dar el mantenimiento adecuado a los equipos por falta de refacciones.

El proceso de recepción de materiales se ejemplifica en la figura 3.17. El diagrama de proceso se puede presentar como aparece en esta figura, o bien utilizando el software Bizagi, el cual se muestra en la figura 3.18.

La palabra *interfase* se refiere la relación que tiene este proceso con otras áreas o procesos. Lo mismo sucede al usar Bizagi, que aunque no dice *interfase*, la relación con otras áreas se muestra con cuadros coloreados en gris.

Hay que mencionar que Bizagi no sólo es un software para modelar y mostrar datos de cualquier tipo de procesos, sino que su principal utilidad es el seguimiento y control de procesos.

Hay que destacar que uno de los principales puntos donde se apoya el éxito o el fracaso de las empresas manufactureras es el control de los almacenes. Si siempre se tienen existencias de materia prima, la producción no se podrá detener y si siempre hay suficiente producto terminado se podrá abastecer la demanda sin ningún problema. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que no se trata de tener los almacenes de materia prima y producto terminado llenos en exceso, pues esto provocaría una inversión innecesaria en capital de trabajo y hasta una posible pérdida en caso de manejar productos perecederos.

Los materiales deberán estar dispuestos de manera que sean fácilmente localizables y que su conteo físico pueda hacerse de manera rápida y confiable. Los materiales también deberán estar bajo condiciones de conservación adecuadas, a fin de no provocar su deterioro físico, lo cual a la larga los podría dejar inservibles y ocasionar una pérdida económica para la empresa. Los almacenes también deberán estar organizados a fin de aprovechar al máximo el espacio físico disponible.

Métricas de control de procesos de almacenes

A continuación se proponen las siguientes métricas para el control de los procesos de los almacenes:

- Número de veces que se detuvo la producción por falta de materia prima, el tipo de materia prima y cantidad faltante.
- Número de veces que no fue surtido completamente un pedido de materiales de cualquier área y la cantidad y tipo de faltante.
- Número de veces que no fue surtido completamente un pedido de producto terminado por parte del almacén y la cantidad de faltante.
- Número de veces que una auditoría no fue precisa y la magnitud de la imprecisión.

No debe haber excusas. Si hay alguna falla de las anteriores, hay una falla en el proceso correspondiente y por lo tanto una oportunidad de mejora.

Producción

Para que el área de producción pueda elaborar determinado producto, es necesario haber planeado la adopción e instalación de la tecnología apropiada y haber capacitado al personal de producción en su uso. La tecnología utilizada en la elaboración de mermelada es sumamente sencilla, por lo que se pueden alcanzar los estándares internacionales de calidad con relativa facilidad. El objetivo del área de producción se puede declarar como:

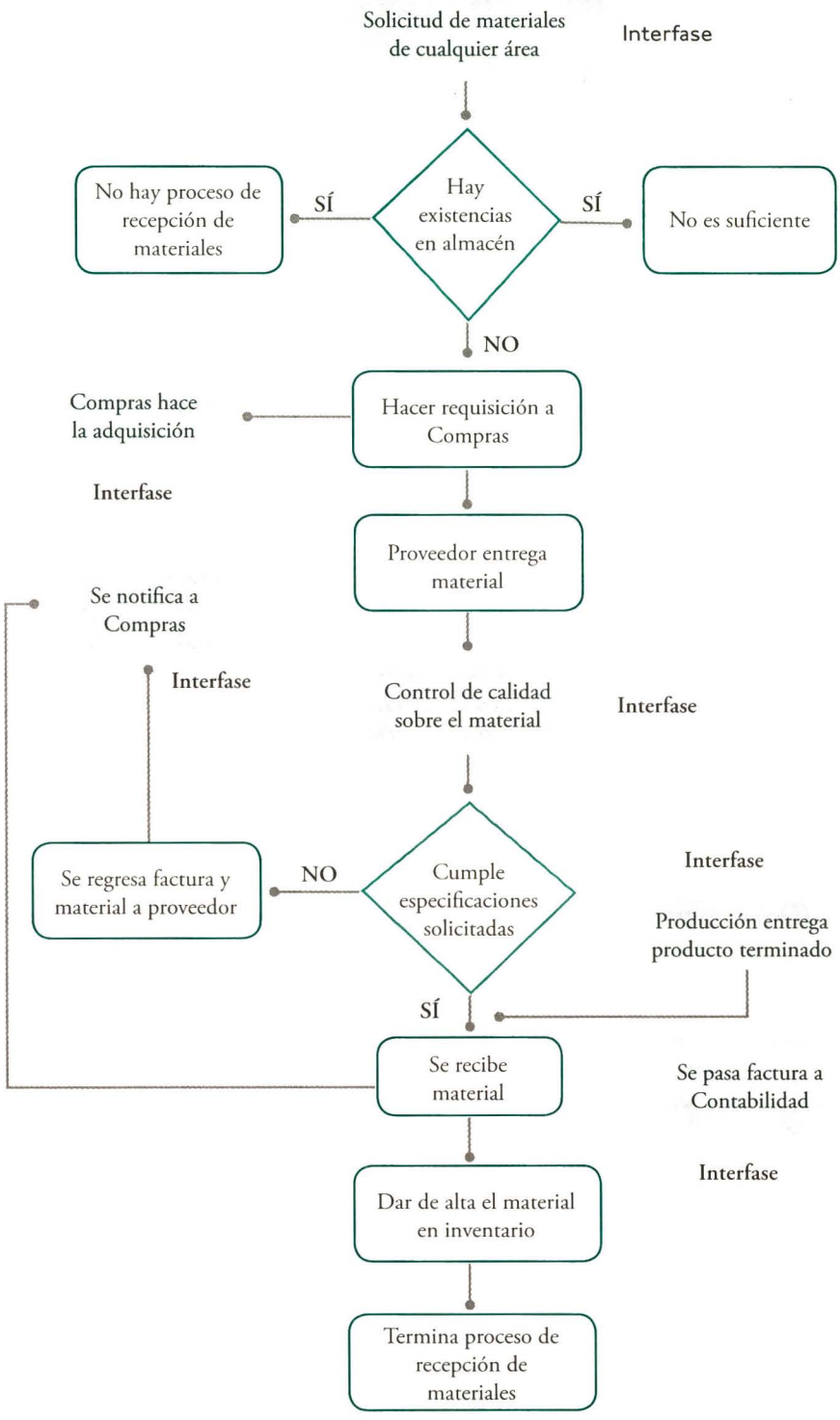


Figura 3.17 Diagrama del proceso de recepción de materiales en almacén.

Elaborar mermeladas con estándares internacionales de calidad con una eficiencia en la productividad de 95% y a un costo competitivo.

Algunos de los procesos y los objetivos de cada proceso que se han identificado en el área de producción son:

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR
BIBLIOTECA
LANDIVARIANA

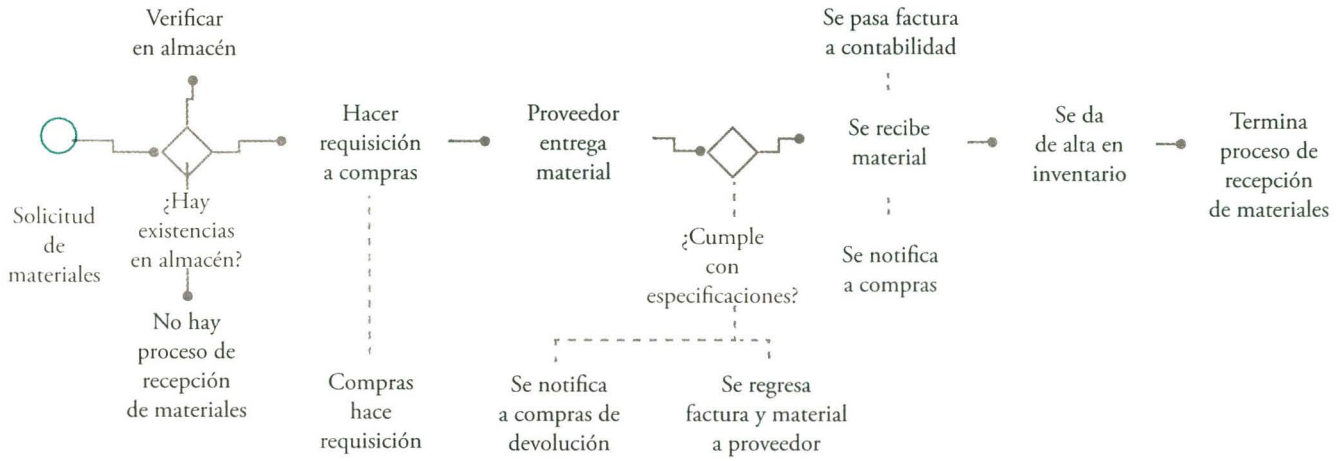


Figura 3.18 Diagrama del proceso de recepción de materiales utilizando el software Bizagi.

- *Recepción de orden de producción del área de ventas.* Es el proceso que realmente activa la producción.
- *Solicitud al área de compras de adquisición de materia prima.* Proceso de organización y control por medio del cual el departamento de compras conoce exactamente cuáles serán sus adquisiciones.
- *Recepción de materia prima proveniente del almacén.* Proceso de control de entrada de materia prima al departamento de producción.
- *Emisión de órdenes de producción a las distintas líneas de producción.* Proceso de organización y planeación a corto plazo de la producción.
- *Proceso de producción.* Proceso operativo de dirección y organización que es la esencia del área de producción.
- *Entrega de producto terminado a almacén.* Proceso de control por parte del área de producción de todo el producto terminado.
- *Reporte de costos de producción al área de finanzas.* Proceso de control de costos en el que la primera fuente de datos es el departamento de producción.
- *Solicitud de servicios de mantenimiento.* Proceso de control de servicios que son necesarios para el área de producción.
- *Planeación de la producción a corto plazo.* Proceso de planeación realizado por la gerencia de producción.
- *Planeación de la producción a largo plazo.* Proceso de planeación realizado por la gerencia de producción y la dirección general.
- *Tiempo de utilización de cada máquina.* Proceso de control operativo.
- *Asignación de operarios a las máquinas.* Proceso de organización diaria de la producción.
- *Cálculo de efectividad de todo el equipo OEE (overall equipment effectiveness).* Proceso de control de la productividad.
- *Reporte de tiempos muertos por turno por equipo.* Proceso de control de la productividad.
- *Reporte de producción por turno.* Proceso de control diario.
- *Reporte de producción por máquina.* Proceso de control diario.
- *Determinación de cuotas o estándares de trabajo por turno y por máquina (promedio histórico de producción, o producción máxima alcanzada o por estadísticas).* Proceso de control del equipo y del personal.

De todos estos procesos, el más importante es el proceso de producción propiamente dicho, ya que es la esencia de una empresa manufacturera, además hay que tener en cuenta que en sus actividades se usa la tecnología que agrega valor a las materias primas.

Hay que tener presente la planeación de la producción a mediano y largo plazos. Si se tiene pensado incrementar la producción debido a un aumento en la demanda, hay que determinar las

características de la nueva maquinaria que se va a comprar (quizás por un cambio de tecnología). Si es el caso, probablemente sea necesaria más área de trabajo y redistribuir físicamente la maquinaria actual y la futura dentro del nuevo espacio. Para este aspecto en particular, analice el capítulo 7.

Métricas de producción

Este tipo de métricas son para determinar si realmente el área de producción está contribuyendo al objetivo que le fue planteado. Se ha creado una gran cantidad de métricas o mediciones de las actividades de producción que muestran si esta área está trabajando con eficiencia y productividad.

Una de las medidas es la *eficiencia total del equipo* (ETE), que muestra el porcentaje de efectividad de una máquina trabajando en forma ideal. Por ejemplo, se sabe que una máquina trabajando en forma ideal puede producir 1 000 unidades por hora, si sólo produjo 950 tendría una eficiencia de 95%. La diferencia (5%) se atribuye a "tiempos muertos", pérdidas de velocidad de producción y productos defectuosos que se desechan o reprocesan. A su vez, los tiempos muertos se pueden deber a falta de material, calidad defectuosa, mantenimiento correctivo, cambio de especificaciones del producto, lo que obliga a cambiar especificaciones de la máquina con el consiguiente consumo de tiempo; también se puede deber a cambio en la programación de la producción que implique cambio de producto, lo cual implica detener las máquinas para cambiar de materia prima o de especificaciones de la máquina y del producto, entre otras razones. La ETE se calcula como:

$$\text{ETE} = \%\text{ de disponibilidad} \times \%\text{ de desempeño} \times \%\text{ de calidad}$$

y puede determinar la eficiencia total de cada máquina o de todo el proceso. De esta medición también se obtiene el tiempo aprovechado por turno. En unidades producidas el cálculo se hace por máquina. Todos los datos se vacían a una base de datos y luego se pueden pedir reportes por periodos que van de una semana hasta un año.

La disponibilidad de cada máquina se calcula como el tiempo de funcionamiento en que realmente se mantuvo ésta trabajando durante un cierto periodo, dividido entre el tiempo programado de producción. El tiempo de funcionamiento también puede ser calculado como el tiempo programado de producción (menos averías + esperas + restricciones de líneas). Asimismo, luego habrá que determinar cuál fue la causa real del paro de la máquina.

Otra forma de medir el desempeño del área de producción o de una sola máquina es dividir las unidades producidas entre las unidades teóricas que se pueden producir. La calidad se puede medir por la división de las unidades aceptadas entre las unidades producidas. A su vez, las unidades aceptadas se pueden medir como las unidades producidas menos desperdicio + retrabajos.

Otro tipo de mediciones pueden ser el total de horas extras trabajadas por periodo, horas trabajadas/h estándar y obtener el porcentaje, la producción real/producción estándar y obtener el porcentaje, entre otras métricas. Debe entenderse como hora estándar o producción estándar, la producción que ya se ha comprobado que es posible obtener bajo las condiciones prevalecientes en el área productiva.

Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento son aquellas encaminadas a la conservación de los equipos productivos a fin de que éstos puedan trabajar de manera efectiva. La necesidad diaria ha hecho que el personal de mantenimiento se dedique no sólo a la conservación de los equipos productivos, sino a la conservación de todas las áreas en general de la empresa; por ejemplo, si se cuenta con un técnico electricista cuya principal función es la conservación de los equipos desde el punto de vista de los sistemas eléctricos, también es posible que esta persona se encargue de la conservación de todos los sistemas eléctricos que se encuentran en la empresa, tales como el alumbrado general y las redes de electricidad que alimentan las oficinas, principalmente las que alimentan a todo el hardware que posee la empresa.

El objetivo del área de mantenimiento o conservación de los equipos se puede declarar como:

Aplicar programas de mantenimiento preventivo al costo mínimo, de forma que las fallas de los equipos durante los periodos de producción sean de cero.

En empresas pequeñas, la tendencia es contratar un servicio externo de mantenimiento.[6] Así, en la empresa se toma un servicio externo para el mantenimiento especializado y se contrata a un electricista para mantenimiento interno general, no sólo del área de producción. Se pueden identificar los siguientes procesos en el área de mantenimiento con sus respectivos objetivos:

- *Recepción de solicitud de servicio.* Proceso de control de los servicios de mantenimiento.
- *Ejecución del servicio de mantenimiento.* Proceso de dirección y ejecución de los servicios.
- *Entrega de servicio a satisfacción del solicitante.* Proceso de control de los servicios.
- *Informe al departamento de finanzas de refacciones y materiales utilizados en los servicios prestados.* Proceso de organización y control del costo de los servicios.
- *Solicitud al área de compras de adquisición de material y refacciones.* Proceso de planeación de los servicios.
- *Solicitud de refacciones y materiales a almacén.* Proceso de control de los servicios.
- *Recepción de refacciones y materiales del almacén.* Proceso de organización y control de los servicios.
- *Programa de mantenimiento preventivo.* Proceso de planeación y dirección de los servicios.
- *Programa de mantenimiento correctivo.* Proceso de planeación y organización de los servicios.
- *Cumplimiento de programas de mantenimiento preventivo.* Proceso de control de los servicios.
- *Control de mantenimiento preventivo.* Proceso de control de los servicios.

Métricas para el control de mantenimiento

Al igual que cualquier otra área, las actividades de mantenimiento deben ser controladas mediante parámetros cuantitativos. Algunas de estas medidas de control son:

- Órdenes correctivas/total de órdenes de mantenimiento.
- Costo total de mantenimiento correctivo/costo total de mantenimiento.

Ambos parámetros debería tender a cero si los programas de mantenimiento preventivo son eficientes.

Control de calidad

La norma ISO 9000:2000 define a un sistema de gestión de calidad como "una parte del sistema de gestión de la organización enfocada en el logro de resultados, en relación con los objetivos de la calidad, para satisfacer las necesidades, expectativas y los requisitos de las partes interesadas, según corresponda". La idea de la calidad está directamente relacionada con la satisfacción de una necesidad o expectativa del cliente. Los clientes son la base y la razón de ser de cualquier empresa privada ya que sin ellos las ganancias de sus productos y(o) servicios serían nulas. La definición de cliente en la norma ISO 9000:2000 es "un cliente es una organización o persona que recibe un producto". Los clientes, a través de la compra de los productos de una organización, determinan su éxito o fracaso.

Un producto tendrá calidad si las materias primas con las cuales fue elaborado también tienen calidad, por lo que el proveedor, que es una organización o persona que proporcionan un producto en forma de materia prima, es parte importante en el sistema de calidad. De hecho se han puesto en práctica técnicas para seleccionar a los mejores proveedores, de tal manera que la cadena entre proveedor, empresa y cliente se integre adecuadamente, siempre con el objetivo de obtener un producto de alta calidad para el consumidor. En el caso que estamos analizando, la nueva unidad productiva va a adquirir el software SRM (*Supplier Relationship Management*) para seleccionar en forma adecuada a los proveedores e iniciar de esta forma con un adecuado control de calidad desde las materias primas.

Gestionar un sistema de calidad significa no sólo administrarlo, sino proporcionarle todo lo necesario para su funcionamiento, empezando con un apoyo decidido de la alta dirección de la empresa. El segundo paso es el establecimiento de las necesidades del cliente. Dichas necesidades las establece el cliente y es obligación de la empresa conocerlas para poderlas satisfacer; para lograr esto, la nueva unidad productiva adquirirá el software CRM (*Client Realationship Management*). El tercer paso se hace dentro de la organización donde se asignan determinadas características espe-

[6] A cualquier servicio externo también se le conoce como servicios *outsourcing* o en tercería.

ciales al producto, pero sólo podrán ser asignadas adecuadamente si la empresa sabe lo que desea el cliente y esto, a su vez, deberá ser traducido en características medibles del producto. La percepción del consumidor final es la que determina la calidad del producto.

Se considera que un producto es de calidad si cumple con las especificaciones de su diseño. Mientras más parecida sea la elaboración del producto al diseño que planea cuáles han de ser las características fisicoquímicas, bacteriológicas y de presentación que tenga el producto, se dice que el producto tiene o cuenta con calidad. No hay que olvidar que este juicio de la calidad es interno y que se basa en el cumplimiento de especificaciones y características muy bien definidas. La existencia de la calidad de un producto también se determina fuera de las instalaciones de la empresa. Como ya dijimos, en el mercado los clientes son quienes determinan si un producto (o servicio) cuenta con calidad. Esta evaluación depende en gran medida del cumplimiento o satisfacción de una necesidad o expectativa del consumidor.

Finalmente es importante mencionar que la medición de la calidad interna (dentro de la organización) suele ser muy objetiva dado que los parámetros de referencia los establece la empresa, son medibles y pueden ser controlados con facilidad. Por su parte, la medición de la calidad en el mercado (fuera de las instalaciones de la organización) a menudo es subjetiva ya que la evaluación se da en términos de una satisfacción y un punto de vista individual del cliente o consumidor.

La definición textual que proporciona la norma ISO 9000:2000 sobre el concepto de un sistema de gestión de calidad (SGC) es: "un sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad". El incumplimiento de una parte del sistema de calidad afecta la calidad en los demás sistemas. Un proceso depende de los otros para funcionar y lograr los objetivos. Como se ha mencionado, la gestión de la calidad implica tanto el control estadístico del producto, como la administración de las actividades de calidad, a fin de que una empresa elabore productos de conformidad con las normas ISO 9000 y a la larga llegue a certificarse en dicha norma.

En concreto, las normas ISO sobre un SGC son una serie de procedimientos y directrices para que toda la empresa se vea involucrada en un proceso de mejora continua general. Las normas ISO no mencionan ni exigen el control estadístico de la calidad, éste lo hace la empresa por sí misma. Con la implantación de un SGC la calidad estadística del producto mejora con el tiempo, es decir, el número de productos rechazados por calidad se reduce con el tiempo considerablemente.[7] Si esto sucede será una señal inequívoca de que toda la organización está dentro de un proceso de mejora continua reflejada en la calidad de sus productos.

Por lo tanto, todos los conceptos mencionados sobre la forma en que debe gestionarse un sistema de calidad se ajustan a la perfección a los objetivos generales y específicos de la empresa, básicamente en el aspecto de elaborar un producto con estándares internacionales de calidad. Se han identificado una serie de procesos en los SGC:

- Solicitud al área de compras para la adquisición de materiales.
- Recepción de materiales para análisis.
- Muestreo estadístico.
- Análisis de muestras.
- Reporte de resultados al área de producción y a la dirección general.
- Planeación de la implementación del SGC.
- Gestión de procesos de acuerdo con las normas ISO 9000.
- Planeación de las auditorías de calidad.
- Auditorías para certificación a ISO 9000.
- Proceso de certificación en ISO 9000.

Un SGC no escapa a las actividades de planeación. La concepción de un SGC ya está dada en las normas ISO, lo que hay que planear con mucho cuidado es la forma de implantar un SGC dentro de una empresa y. aunado a ello, planear el control estadístico de la calidad, lo cual incluye el muestreo del producto. El problema de la planeación de un SGC es que en él debe intervenir toda la empresa. Usualmente la implantación la empieza la dirección general y de ahí va bajando de nivel hasta llegar a sensibilizar a los obreros, que son los que van a trabajar las máquinas y a elaborar el producto.

[7] A principios del siglo XXI, la mejora de la calidad en algunas empresas ha llegado a la casi increíble cifra de producir cuatro artículos defectuosos por cada millón; es la llamada calidad seis sigma.

Métricas de control de un SGC

El control del desempeño de un SGC que se implanta en una empresa consiste básicamente en dos etapas: verificar que las actividades que corresponden al funcionamiento de un SGC se estén realizando en forma adecuada, y la consecuencia de este funcionamiento reflejado en el control estadístico de la calidad del producto.

Todas las actividades que corresponden al funcionamiento de un SGC están claramente descritas en las normas ISO[8] de acuerdo con el objetivo que se tenga. A pesar de lo complejo que esto sea, y de hecho lo es, la misma norma ISO dice que aquella empresa que quiera declarar públicamente que está dentro de un proceso de mejora continua mediante un SGC, y por lo tanto que sus productos o servicios son de calidad, deberá someterse a una serie de auditorías[9] periódicas. Si la empresa aprueba las auditorías practicadas por personal autorizado de la ISO, se dice que está certificada en las normas ISO, y esa certificación es la prueba contundente de que la empresa está inmersa en un proceso de mejora continua de manera adecuada.

Las métricas de control estadístico de calidad son sencillas y se pueden resumir en los siguientes tres parámetros:

- Cantidad de piezas y lotes defectuosos.
- Porcentaje de productos defectuosos por periodo/tiempo de máquinas en mantenimiento.
- Porcentaje de piezas defectuosas/producción real.
- Certificarse en ISO 9000 y mantener la certificación de manera permanente.

Es evidente que el valor de estas métricas deberá ir disminuyendo con el paso del tiempo, pues eso es precisamente lo que implica una mejora continua, excepto mantener la certificación.

Control de desechos contaminantes y no contaminantes

Los procesos productivos de la empresa no contaminan el ambiente, por lo que este punto no es relevante en la planeación de la nueva unidad productiva.

Marco legal de la empresa y factores relevantes

En toda nación existe una constitución o su equivalente que rige los actos tanto del gobierno en el poder como de las instituciones y los individuos. A esa norma le siguen una serie de códigos de la más diversa índole, como el fiscal, sanitario, civil y penal; finalmente, existe una serie de reglamentaciones de carácter local o regional, casi siempre sobre los mismos aspectos.

Es obvio señalar que tanto la constitución como una gran parte de los códigos y reglamentos locales, regionales y nacionales, repercuten de alguna manera sobre un proyecto y, por lo tanto, deben tomarse en cuenta, ya que toda actividad empresarial y lucrativa se encuentra incorporada a determinado marco jurídico.

No hay que olvidar que un proyecto, por muy rentable que sea, antes de ponerse en marcha debe incorporarse y acatar las disposiciones jurídicas vigentes. Desde la primera actividad al poner en marcha un proyecto, que es la constitución legal de la empresa, la ley dicta los tipos de sociedad per-

---

[8]Hay que aclarar que la aplicación de las normas ISO han sido tan exitosas en todo el mundo para mejorar la calidad de bienes y servicios, que la norma se ha dividido en varios capítulos. La serie 9000 se aplica a empresas de manufactura y servicios. La serie 14000 se aplica al control de emisiones contaminantes por parte de las empresas, por su parte, la serie 18000 se aplica a seguridad e higiene y la serie 27000 a seguridad informática.

[9]Una auditoría, en el sentido marcado por las normas ISO, es una serie de revisiones exhaustivas por parte de terceros, por lo general personal autorizado por la Organización Internacional de Normalización (ISO), que tiene representantes en todo el mundo. El resultado de dichas revisiones periódicas precisamente indicará si la empresa auditada está cumpliendo con toda la normativa que implica la implantación y correcto funcionamiento de un SGC dentro de la empresa.

mitidos, su funcionamiento, sus restricciones, dentro de las cuales la más importante es la forma y el monto de participación extranjera en la empresa. Por esto, la primera decisión jurídica que se adopta es el tipo de sociedad que operará la empresa y la forma de su administración.

En segundo lugar, determinará la forma de participación extranjera en caso de que existiera.

Aunque parezca que sólo en el aspecto mencionado es importante el conocimiento de las leyes, a continuación se mencionan aspectos relacionados con la empresa y se señala cómo repercute un conocimiento profundo del marco legal en el mejor aprovechamiento de los recursos con que ella cuenta.

a) **Mercado**

1. Legislación sanitaria sobre los permisos que deben obtenerse, la forma de presentación del producto, sobre todo en el caso de los alimentos.
2. Elaboración y funcionamiento de contratos con proveedores y clientes.
3. Permisos de vialidad y sanitarios para el transporte del producto.

b) **Localización**

1. Estudios de posesión y vigencia de los títulos de bienes raíces.
2. Litigios, prohibiciones, contaminación ambiental, uso intensivo de agua en determinadas zonas.
3. Apoyos fiscales por medio de exención de impuestos, a cambio de ubicarse en determinada zona.
4. Gastos notariales, transferencias, inscripción en Registro Público de la Propiedad y el Comercio.
5. Determinación de los honorarios de los especialistas o profesionales que efectúen todos los trámites necesarios.

c) **Estudio técnico**

1. Transferencia de tecnología.
2. Compra de marcas y patentes. Pago de regalías.
3. Aranceles y permisos necesarios en caso de que se importe alguna maquinaria o materia prima.
4. Leyes contractuales, en caso de que se requieran servicios externos.

d) **Administración y organización**

1. Leyes que regulan la contratación de personal sindicalizado y de confianza. Pago de utilidades al finalizar el ejercicio.
2. Prestaciones sociales a los trabajadores. Vacaciones, incentivos, seguridad social, ayuda a la vivienda, etcétera.
3. Leyes sobre seguridad industrial mínima y obligaciones patronales en caso de accidentes de trabajo.

e) **Aspecto financiero y contable**

1. La Ley del Impuesto sobre la Renta rige lo concerniente a: tratamiento fiscal sobre depreciación y amortización, método fiscal para la valuación de inventarios, pérdidas o ganancias de operación, cuentas incobrables, impuestos por pagar, ganancias retenidas, gastos que puedan deducirse de impuestos y los que no están sujetos a esta política, etcétera.
2. Si la empresa adquiere un préstamo de alguna institución crediticia, hay que conocer las leyes bancarias y de las instituciones de crédito, así como las obligaciones contractuales que de ello se deriven.

Éstos y algunos otros aspectos legales son importantes tanto para su conocimiento como para su buen manejo, con el fin de que la empresa aplique óptimamente sus recursos y alcance las metas que se ha fijado.

Para emprendedores potenciales o microempresarios activos

De seguro ésta es la parte más difícil, desafiante y a la vez más divertida, si un emprendedor realiza un proyecto para iniciar una microempresa o la microempresa se encuentra en funcionamiento, pero se tiene la meta de crecer, entonces esta parte llamada "estudio técnico" o "ingeniería del proyecto", requiere a los verdaderos ingenieros, pero no sólo a aquellos que estudiaron una licenciatura en cualquier rama de la ingeniería, sino se requiere a los muy ingeniosos para resolver problemas y proponer soluciones novedosas.

Se dijo que es la parte del estudio "más divertida" porque cubre el aspecto creativo del proyecto, y crear cosas nuevas se conceptualiza como divertido, pues no debe haber restricciones cuando se usa la creatividad, ya sea del pequeño propietario, del inversionista potencial o del profesional de evaluación de proyectos. Cuando surge una nueva idea de diseño de planta o de tecnología de producción, lo primero que debe preguntarse un verdadero ingeniero es, ¿por qué no?

Imagine que el emprendedor tiene su propia microempresa, pero el problema es que no tiene estudios de ingeniería en ningún sentido y quiere que la rudimentaria instalación de producción empiece a funcionar como una verdadera empresa de manufactura. Sabe que el mercado demanda calidad y precios competitivos, además debido a que el área de influencia es muy pequeña, los aspectos de ingeniería y de optimización de procesos no eran muy importantes; es el momento de hacer las cosas de modo apropiado porque la competencia en el mercado crece y para ser competitivos se debe producir con calidad, a precios competitivos y mantener la capacidad de entregar los pedidos a tiempo con las cantidades solicitadas por el mercado.

Este emprendedor no tiene mucho dinero para contratar un servicio de ingeniería que se encargue de los estudios necesarios a fin de optimizar los procesos de producción y que, ahora sí, debe elaborar un producto con calidad y precio competitivo. Las preguntas que se hace son:

- ¿Por dónde empezar?
- ¿Cómo logro la optimización?
- ¿Hasta dónde debo llegar en esos estudios?
- ¿Cómo puedo saber si he optimizado los procesos de producción?

Desde luego, todo se hace de la manera más simple y sin asesoría externa con nuevas formas de dirigir el negocio porque se insiste en que la primera pregunta que no debe olvidarse es, ¿por qué no?

Para empezar, se elimina del análisis la localización de las instalaciones, se supone que el emprendedor se encuentra activo y tiene instalada la microempresa, o si inicia operaciones, un microempresario por lo regular comienza en casa, en algún lugar "que sobre", o construye pequeños espacios para hacer la producción, de manera que no tiene que resolver el problema de localizar de manera óptima la planta.

¿Por dónde empezar? Con la conciencia clara de qué nivel de empresa está por emprender. Es preciso siempre llevar en mente que instalar una microempresa no es un juego, si se busca el éxito. Primero se comprende el concepto de empresa como una entidad o un ser que crea el propio emprendedor, la empresa no es una entidad aparte con vida propia; los alcances de la empresa se definen por el emprendedor y el éxito o fracaso de la misma es sólo su responsabilidad. Por lo tanto, para asegurar el éxito debe entender a la perfección cómo debe funcionar una empresa en sus aspectos esenciales.

También debe entender que la empresa vivirá o a sobrevivirá por la cantidad de productos que logre vender, y que al vender productos se busca la satisfacción y el gusto de los consumidores. Por otro lado para satisfacer el gusto de los consumidores se necesita conocer el perfil de los clientes y la elaboración de los productos en la cantidad precisa que requiere el mercado, además de colocarlos en el sitio y tiempo precisos para ser adquiridos por los compradores.

Por ende el producto no sólo deberá satisfacer los gustos actuales del usuario, sino deberá tener la capacidad de adaptarse de manera rápida para elaborar nuevos productos para los cambiantes gustos del consumidor. Una falla en cualquiera de los puntos mencionados ocasionará una disminución de las ventas, pérdida de clientes y con certeza la bancarrota.

Con respecto al aspecto de ingeniería de empresa, es esencial que domine a la perfección la tecnología de producción; es decir, la forma de elaborar el producto, pues sólo con este conocimiento,

es posible realizar cambios en la composición, forma, aspecto, etc., del producto, para que se adapte al gusto o nuevos hábitos de consumo del cliente. Después, es necesario que el emprendedor sea capaz de entregar al mercado cierta cantidad de productos, además en determinado tiempo. Para ello, es necesario conocer los alcances que posee en la elaboración del producto por unidad de tiempo y cuál es la capacidad máxima de productos elaborados por turno de trabajo o por día laboral, por obvias razones estas determinaciones sí requieren de la ayuda de la ingeniería.

El proceso para determinar los niveles de producción eficiente es el siguiente: no importa el tipo de producto manejado, se describirá en forma verbal y detalle cada una de las actividades que implican esa producción; en caso de que se encuentre en la etapa de planificación de la empresa aunque la microempresa aún no funcione, el requisito indispensable es que conozca a la perfección la tecnología (los procesos) de producción, de manera que la descripción verbal no debe ser un obstáculo.

Luego se elaborará un diagrama de flujo del proceso de producción. Si el emprendedor no tiene estudios de ingeniería, se recomienda utilizar un iconograma que es la representación del proceso por medio de imágenes, las cuales tampoco es necesario mantener la perfección en el diseño de las mismas o que sean muy estilizadas; las imágenes o dibujos pueden estar hechos a mano.

El objetivo de la elaboración de un iconograma (o de cualquier otro tipo de diagrama), es visualizar por completo todas las actividades que es necesario realizar en la elaboración del producto *y determinar o medir el tiempo y qué acciones implican ejecutar cada una de ellas, así como el tiempo.*

Si el proceso indica que la elaboración del producto es por *lotes*, significa que se toma cierta cantidad de materia prima y se procesa hasta terminar con la misma, para luego volver a repetir de modo exacto las mismas actividades con otro lote; es decir, iniciar el proceso con la misma cantidad de materia prima, dicha actividad se podrá repetir cuatro, cinco o más veces durante un día laboral, lo cual representa que se procesarán cuatro, cinco o más lotes de producción en un día.

El cálculo del tiempo que toma elaborar un lote de producción permite determinar la capacidad de producción de la planta, se considera que por lo regular no es necesario para iniciar el proceso de un nuevo lote, no es requisito indispensable haber terminado de procesar el lote anterior, como lo muestra la figura 3.24, pero esta situación sólo se puede lograr si se cuenta con equipo suficiente y la participación de varios obreros en la producción.

Por ejemplo, si hay varios obreros, uno o algunos tendrán a su cargo la preparación de la materia prima para su procesamiento, pero después de determinado tiempo habrán terminado todas las actividades correspondientes a esta parte del proceso correspondientes a un lote y estarán disponibles para iniciar el mismo proceso en otro lote. Pero si sólo hay una o dos personas disponibles para la elaboración del producto, sí será necesario terminar por completo un lote para iniciar con el siguiente. Pero la descripción del proceso de elaboración y la determinación del tiempo de producción de un lote no optimizan el proceso. La optimización conlleva una alta dosis de aplicación de procesos eficientes de ingeniería.

Para optimizar un proceso en las condiciones descritas que son muy sencillas, se debe utilizar el diagrama o iconograma del proceso, aunque se haya dibujado a mano, la dosis de ingeniería empieza cuando el emprendedor analiza cada una de las operaciones realizadas en el proceso de producción y reduce el tiempo de algunas de ellas, con lo cual logra la reducción del tiempo total de procesamiento de un lote, también aumenta la productividad de la empresa, pues podrá elaborar mayor cantidad de producto en el mismo tiempo. La reducción del tiempo en el cual se realizan ciertas actividades del proceso productivo requiere de ingenio; por ejemplo, el proceso de producción tiene, entre otras actividades, disolver una mezcla de cuatro componentes (cuatro materias primas distintas), en agua y mantener la mezcla a determinada temperatura por 10 minutos. El método actual para realizar estas actividades es de 24 minutos.

Si con ingenio y creatividad, se logra realizar con precisión las mismas actividades, pero en 18 minutos, entonces, se dice que se ha logrado una optimización del tiempo del proceso de producción. La optimización se puede lograr en la reducción del tiempo de las actividades, en el uso de mano de obra, en la disminución de desperdicios, en la disminución de material reprocesado, en que el material como materia prima, producto en proceso o producto terminado recorra menos distancia, lo que generará un ahorro monetario, pues cada metro lineal de transporte de cualquier tipo de material tiene un costo, de manera que mientras el material recorra menos distancia, bajará el costo de producción y se elevarán las ganancias.

UNIVERSIDAD ALEJANDRO DE HUMBOLDT BIBLIOTECA BOLIVARIANA

Una forma de reducir la distancia recorrida por los materiales, es dibujar a escala las instalaciones de la planta procurando hacer una réplica lo más fiel posible incluyendo todo el equipo disponible para la producción. Luego, aplicar la dosis necesaria de ingeniería, reacomodar el equipo que sea posible o cambiar la ruta que sigue el material a través de todo el proceso productivo. Con cualquier opción que se tome, se pueden tomar las dos opciones, el resultado debe ser una menor distancia recorrida por los materiales respecto a la distancia actual que recorren. Si la planta está en la fase de proyecto, es más sencillo lograr la reducción de distancia, pues nada ha sido instalado todavía. Esto es fácil decirlo, pero sólo los verdaderos ingeniosos pueden hacerlo, aun sin haber estudiado ingeniería.

Otra forma de reducir el tiempo de procesamiento, ya sea por reducción del tiempo de algunas actividades o por disminución de las distancias recorridas por el material, es automatizando algunas actividades, lo cual implica una inversión complementaria que no siempre se tiene como opción. Si se detecta que hay alguna actividad o proceso que toma mucho tiempo, ya sea manual o con algún equipo, se puede buscar un equipo con mayor capacidad, o bien que se sustituya la elaboración a mano.

Por ejemplo, el producto se vende en envases con un contenido de 300 g por envase y esta actividad se realiza de forma manual, esto es, se toma cada envase, se llena con la cantidad aproximada de producto, se pesa en una báscula y se agrega o quita producto hasta alcanzar los 300 g, luego el envase se cierra; esta actividad toma 18 segundos por envase. Si en vez de esto se compra una llenadora automática que también cierre adecuadamente el envase, el tiempo de producción se reducirá de modo significativo con el reflejo proporcional en la productividad. A cambio se requiere una inversión en la compra de la envasadora. Como se observa, hay muchos aspectos en los cuales se puede optimizar el funcionamiento de un proceso de producción, pero sólo es posible hacerlo si se conoce a la perfección el proceso productivo y se aplica una buena dosis de ingenio, y en más de una ocasión, si se cuenta con los recursos para automatizar ciertas actividades.

Si se ha logrado hacer mediciones del tiempo de todas las actividades, entonces es posible determinar el tiempo que toma procesar un lote de producción, y esto en conjunto con la ayuda de un diagrama de usos múltiples, permite conocer la capacidad de producción de la planta por turno de trabajo o por día, con lo cual permite establecer compromisos de entrega de producto en determinado tiempo y cantidad, lo cual es un rasgo distintivo de un empresa que trabaja de modo apropiado.

Para el caso del análisis económico y la evaluación económica, ya sea del proyecto o de la microempresa en funcionamiento, la situación no es muy distinta para el emprendedor. El desarrollo de estas dos partes, requieren también de conocimientos especializados en otras disciplinas, pero no es necesario dominar todos los conceptos que se mencionan en el texto, al menos al inicio del funcionamiento de las microempresas.

Como se ha comentado, lo más importante para el microempresario que inicia en la carrera empresarial, el control del dinero es primordial; de manera que deberá tener un sistema muy simple de registro contable que indique día con día y con toda certeza, cuánto dinero ha ingresado, cuál es su origen, cuánto dinero ha gastado y en qué se gastó. Este registro no sólo será importante para él como propietario de la empresa sino también es necesario para efectos fiscales, sin importar que sean de tres a 10 miembros de la familia los que trabajan en la empresa; ellos también deberán tener un sueldo de forma regular, así como también deberán trabajar con horarios fijos y obligaciones.

El siguiente aspecto indispensable que deberá registrar el microempresario son las inversiones. Por inversión se debe entender la compra de equipo o maquinaria de cualquier tipo, desde una silla para la oficina, una computadora personal o equipo para producción. No hay que confundir una inversión a un gasto corriente. Una inversión son equipos o dispositivos tangibles, que permanecen en la empresa por varios años, que ayudan o son indispensables para que el negocio funcione; en tanto que un gasto corriente, por ejemplo, es la compra de materia prima o envases, aunque también son indispensables para que funcione el negocio, serán consumidos en muy poco tiempo, días o tal vez en horas.

El microempresario deberá saber, que si tiene una empresa legalmente instalada, puede recuperar la inversión que realice en sus activos fijos y diferidos, por medio del mecanismo fiscal llamado depreciación (y amortización para activos intangibles), a diferencia de gasto en materia prima y todos los demás tipos de material consumible (que se consume o utiliza al poco tiempo de haber sido comprado), cuyo gasto no puede ser recuperado ni por depreciación ni por amortización. Estos

conceptos, aunque ya empiezan a ser más especializados, es muy importante no sólo que se conozcan sino que se apliquen, de forma independiente al tamaño de la empresa, pues los beneficios que se obtienen por su aplicación, son tan importantes como la recuperación de la inversión, cualquiera que sea la cantidad asignada a este rubro.

El último aspecto contable, mínimo indispensable que debe conocer el emprendedor o microempresario, es qué es y cómo funciona un *estado de resultados*, también llamado *estado de pérdidas y ganancias*. Se comentó que un aspecto básico es el control de ingresos y gastos en la empresa de manera minuciosa. Un estado de resultados, el cual por lo regular se realiza de manera anual, muestra de manera resumida, los ingresos y gastos en los cuales ha incurrido una empresa, pero además también muestra los cargos de depreciación y amortización anuales, muestra los impuestos por pagar al gobierno, aunque el objetivo real de un estado de resultados es la obtención del llamado *flujo neto de efectivo*, que representa la cantidad de dinèro neta que obtuvo la empresa después de un periodo de operación, expresado en términos anuales.

Los demás conceptos teóricos contables que se han mostrado tanto en el capítulo de Análisis económico, así como también en el capítulo de Evaluación económica, pueden esperar un poco para ser aprendidos y aplicados por el emprendedor o por el microempresario. Esto no les resta importancia, sólo significa que son conceptos que se deben aplicar, pero en empresas de mayor tamaño, por lo que su omisión en microempresas no afectará ni su control ni funcionamiento, desde el punto de vista contable.

Caso práctico

Estudio técnico

Introducción

La tecnología que aquí se presenta no es el método exacto para elaborar mermeladas, lo cual no debe confundir al estudiante. El ejemplo pretende mostrar una metodología para realizar estudios técnicos en evaluación de proyectos, más que mostrar un proceso de producción. También hay que decir que esta parte del proyecto, a pesar de ser muy técnica, puede ser desarrollada por cualquier estudiante que utilice su ingenio para resolver problemas, independientemente de su especialidad.

Declaración de misión, visión y objetivos de nueva unidad productiva

Una vez que, de acuerdo con los resultados del estudio de mercado, se ha demostrado que es conveniente continuar realizando el estudio de factibilidad, los promotores del proyecto declaran que:

La **misión** de la nueva unidad productiva es elaborar mermeladas con estándares internacionales de calidad, tanto para personas que no tienen requerimientos dietéticos especiales, así como para personas que padecen diabetes.

La **visión** de la nueva unidad productiva es que penetre en el mercado y adquiera una posición estable en el mismo, en los dos años iniciales de funcionamiento.

Los **objetivos** para alcanzar la misión y visión mencionadas son:

1. Desarrollar las estrategias adecuadas de penetración al mercado desde el punto de vista de precio, publicidad y calidad del producto.
2. Definir los procesos clave en toda la empresa, a fin de optimizarlos.
3. Contar con un experto en la tecnología de producción, interno o externo a la empresa, a fin de asegurar la elaboración de la calidad deseada en el producto.

Las estrategias de penetración en el mercado que se emprenderán ya han sido descritas, tanto en la parte final del estudio de mercado, así como en la parte final de la evaluación económica del proyecto, donde con datos monetarios se presenta una interesante estrategia de precio para penetrar y mantenerse en el mercado, alineando de este modo dichas estrategias al cumplimiento de la visión de la nueva unidad productiva.

En el estudio técnico o ingeniería del proyecto se hará énfasis en cumplir los objetivos de la planeación estratégica y alinear las actividades de la nueva empresa al cumplimiento de la misión y visión que se han declarado.

Localización óptima[10] de la planta

Una de las primeras limitantes de la localización de la planta es la disponibilidad de materia prima. Se decía en el estudio de mercado que 85% de la mermelada que se consume es de sabor fresa, de forma que un primer condicionante es ubicar la planta en un estado del país que sea productor de fresa, y sólo existen tres entidades con esa característica: Michoacán, Guanajuato y Estado de México. Se describen las principales características socioeconómicas de cada uno de ellos, pues estos datos servirán de base para aplicar dos distintos métodos de localización.

DATOS GENERALES DEL ESTADO DE MICHOACÁN

- Superficie: 58 199 km^2.
- Ciudades principales: Morelia, Uruapan y Zamora.
- Clima:[11] en 34% de la superficie estatal, cálido y subhúmedo con lluvias en verano.
- Municipios: 113.
- Promedio de escolaridad:[12] 5.1 años.
- Principales centros educativos:[13] Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, El Colegio de Michoacán, Instituto Tecnológico de Morelia.
- Red carretera:[14] carreteras principales, 2 596 km; carreteras secundarias: 2 403 km; red carretera federal de cuota, 258 km; red ferroviaria, 1 148 km; aeropuerto internacional, ninguno; aeropuertos nacionales, 4; puertos de altura, 1.
- Número de parques industriales: 11.

DATOS GENERALES DEL ESTADO DE MÉXICO

- Superficie: 21 196 km^2.
- Clima: en 61% de la superficie estatal el clima es templado y subhúmedo con lluvias en verano.
- Ciudades principales: Nezahualcóyotl, Ecatepec, Toluca y Naucalpan.
- Municipios:[15] 122.
- Promedio de escolaridad:[16] 6.5 años.
- Principales centros educativos:[17] Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma del Estado de México, Tecnológico de Monterrey y tres institutos tecnológicos regionales.
- Comunicaciones y transportes:[18] carreteras principales: 10 042 km; carreteras secundarias: 6 292 km; red carretera federal de cuota: 259 km; red ferroviaria, 1 288 km; aeropuerto internacional, 1; aeropuertos nacionales, 2.
- Número de parques industriales: 36.

DATOS GENERALES DEL ESTADO DE GUANAJUATO

- Superficie:[19] 30 768 km^2.
- Clima: en 35% de la superficie estatal es semicálido y subhúmedo con lluvias en verano.

---

[10] El término óptimo u optimizar será utilizado en este contexto como la mejor elección bajo las condiciones en las cuales se toma la decisión y no necesariamente conlleva una medición exacta de resultados que demuestren que la elección hecha es óptima desde el punto de vista matemático.

[11] Fuente: CGSNEGI, Carta de climas, 1: 1 000 000. Se consultó esta fuente para los tres estados.

[12] Fuente: INEGI, Dirección de Estadísticas Demográficas y Sociales, *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos.*

[13] Fuente: SEP estatal, 1995.

[14] Fuente: Centro de SCT estatal, Unidad de Programación y Evaluación, Junta de Caminos.

[15] Fuente: INEGI, Dirección General de Estadísticas Demográficas y Sociales.

[16] Fuente: SEP estatal.

[17] Fuente: SEP estatal, 1995.

[18] Fuente: Centro SCT, México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno del Estado, Junta de Caminos, 1997.

[19] Fuente: INEGI, Dirección General de Estadística, 1995.

- Ciudades principales: León, Irapuato, Celaya, Salamanca y Guanajuato.
- Municipios:[20] 46.
- Promedio de escolaridad:[21] 4.9 años.
- Principales centros educativos: Universidad Autónoma de Guanajuato, cinco tecnológicos regionales, Tecnológico de Monterrey y Universidad Panamericana.
- Comunicaciones y transportes:[22] carreteras principales, 1 300 km; carreteras secundarias, 2 158 km; red de carretera federal de cuota: 140 km; red ferroviaria: 1 072 km; aeropuerto internacional: ninguno; aeropuertos nacionales: 3.
- Número de parques industriales: 9.

Método de localización por puntos ponderados

Para realizar este método se requiere mencionar determinados factores, que benefician o perjudican la ubicación de la planta en esa entidad, y asignarles un peso. Los factores seleccionados y los pesos asignados se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

Factor	Peso
1. Cercanía de los principales centros de consumo	0.25
2. Disponibilidad de materia prima	0.05
3. Infraestructura industrial	0.3
4. Nivel escolar de la mano de obra	0.15
5. Clima	0.1
6. Estímulos fiscales	0.15

La materia prima tiene la menor ponderación porque se encuentra disponible en las tres entidades. Las calificaciones se asignan con base en los datos generales mostrados anteriormente. A continuación se muestra la calificación ponderada (vea la tabla 3.6).

Tabla 3.6

		Calificación			Calificación ponderada		
Factor	Peso	Mich.	Méx.	Gto.	Mich.	Méx.	Gto.
1	0.25	7	9	7	1.75	2.25	1.75
2	0.05	9	9	10	0.45	0.45	0.5
3	0.3	8	10	7	2.4	3.0	2.1
4	0.15	8	10	7	1.2	1.5	1.05
5	0.1	10	10	10	1	1	1
6	0.15	9	7	9	1.35	1.05	1.35
Total	**1.00**				**8.15**	**9.25**	**7.75**

Nota: La calificación de 10 se asigna si la satisfacción de un factor es total y disminuye proporcionalmente con base en este criterio.

Observe que en el Estado de México existen 36 parques industriales, lo que garantiza la instalación de la empresa casi en cualquier lugar del estado.

De la tabla 3.6 resulta que, debido a que el Estado de México presenta la mayor calificación ponderada, es el seleccionado para instalar la planta. Sin embargo, se ha mencionado que en el Estado de

[20] Fuente: *Idem.*
[21] Fuente: SEP estatal, 1995.
[22] Fuente: Centro SCT estatal, Unidad de programación y evaluación del Gobierno del Estado, 1997.

México existen 36 parques industriales distribuidos en ocho zonas industriales, de forma que ahora es necesario determinar la ubicación precisa. Cerca de 69% de la industria del estado se ubica en el corredor industrial Tlalnepantla-Cuautitlán-Texcoco, 11% en el corredor Toluca-Lerma, y el resto en otros municipios. Si se toman en cuenta las restricciones del gobierno federal en el sentido de desconcentrar la industria del área metropolitana de la ciudad de México, lo cual incluye el municipio de Nezahualcóyotl y el corredor industrial Tlalnepantla-Cuautitlán-Texcoco, entonces será necesario ubicar la planta en el corredor Toluca-Lerma, debido a que al ser el segundo corredor industrial más importante del estado, cuenta con mucho mejor infraestructura industrial que otros parques del mismo Estado de México.

Se seleccionó el Parque Industrial El Cerrillo, ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera México-Toluca. Cuenta con todos los servicios necesarios, incluyendo red hidráulica, drenaje sanitario, bomberos y grandes terrenos con áreas verdes, lo cual es conveniente si se está contemplando que la empresa crezca en el futuro.

Determinación de la capacidad instalada óptima de la planta

Ésta es una determinación clave en el diseño de la planta; existen algunos factores que limitan su tamaño. A continuación se analizan los principales motivos para limitar la capacidad instalada de la planta.

LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA DEMANDA POTENCIAL INSATISFECHA

Un primer factor que definitivamente puede limitar la instalación de gran capacidad de la planta productiva, es la demanda potencial insatisfecha. De acuerdo con las cifras obtenidas en el estudio de mercado, donde la *DPI* es la demanda potencial insatisfecha, se tienen los datos que se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.7

Año	DPI optimista	Incremento anual	DPI pesimista	Incremento anual
8	8 884	_	6 820	_
9	10 150	14.25%	6 590	9.66%
10	12 213	20.32%	9 067	37.58%
11	14 713	20.46%	12 256	35.17%
12	20 549	39.97%	15 356	25.29%

Como se puede observar en la tabla 3.7, el incremento en la demanda potencial insatisfecha es muy pronunciado, tanto la optimista como la pesimista. El futuro inversionista debe considerar varias cuestiones: primero, que es más fácil para cualquiera de los productores actuales cubrir la *DPI* que para algún productor nuevo. Esto es verdad en cierto sentido, sin embargo, la demanda potencial existe. Segundo, todos los análisis estadísticos tienen cierto grado de error, lo cual no significa que la demanda potencial del mercado en el octavo año será exactamente de 8 884 toneladas, y ni una tonelada más. El consumidor actual o potencial preferirá un nuevo producto siempre que le ofrezca alguna ventaja.

La planeación estratégica sugiere detectar las posibles debilidades o problemas de los fabricantes actuales, de forma que el nuevo productor no cometa los mismos errores y pueda entrar al mercado. Otro factor que es muy conveniente analizar es el precio de venta; el consumidor preferirá comprar el producto de menor precio, siempre que la calidad y la cantidad del nuevo producto sea al menos igual a la que actualmente se le ofrecen. Recuerde que hay estrategias de fijación de precios (vea la parte teórica para estrategias de fijación de precios) para entrar al mercado.

Otro factor de introducción al mercado para nuevos productores, es que ofrezcan realmente un producto nuevo, y este estudio pretende introducir una mermelada apta para el consumo de diabéticos y personas pasadas de peso, sin riesgo para su salud, y ésta sí es una ventaja estratégica.

De hecho existen muchos productos nuevos que no ofrecen ventajas sustanciales para el consumidor; sin embargo, se logran introducir al mercado con base en una buena campaña publicitaria.

Con todo lo mencionado se quiere decir que la demanda potencial insatisfecha, aunque no sea muy elevada en cantidad, siempre será susceptible de incrementarse; también es posible sustituir los gustos y preferencias de los actuales consumidores por el producto nuevo, siempre que se utilice la estrategia adecuada, ya sea de precio o de publicidad. La capacidad instalada no dependerá necesariamente de la demanda potencial insatisfecha, sino de otros factores que se analizan a continuación.

LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA DISPONIBILIDAD DE CAPITAL

En el proyecto que se analiza la disponibilidad de capital viene a ser el factor clave. Ante una crisis económica crónica en todos los países de América Latina, el buen juicio del pequeño inversionista le dicta que debe arriesgar la menor cantidad posible de dinero, pues ni las condiciones macroeconómicas ni el mercado de consumo muestran estabilidad a largo plazo. La instalación de microempresas ha sido una práctica común para pequeños inversionistas en muchos países de Latinoamérica, e incluso en países como Taiwán, Singapur, etcétera.

Por lo tanto, se enfocará el estudio de ingeniería del proyecto hacia la instalación de una microempresa, haciendo énfasis en que el concepto que aquí se tomará como válido para *microempresa* es aquella unidad de producción que no es una empresa casera, pues al menos una de las operaciones del proceso productivo tiene un sistema automático de ejecución. En esta definición no cuenta el número de empleados, aunque es evidente que éstos serán pocos. En el apartado sobre optimización del proceso productivo se analizan otros factores técnicos, como el *equipo clave*, que condicionan directamente la capacidad instalada mínima que puede obtenerse. En la disponibilidad total de capital se incluyen todo tipo de préstamos monetarios que pudieran conseguirse.

LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA TECNOLOGÍA

Precisamente, respecto de limitantes de la capacidad instalada, el factor tecnológico es fundamental. En el caso de la elaboración de mermeladas, la tecnología es sencilla, aun cuando existen ciertas operaciones del proceso que requieren equipos que claramente hacen una distinción entre una empresa casera y una microempresa. Por ejemplo, el tipo de mermelada que se pretende elaborar puede hacerse en casa en cantidades de uno, dos o tal vez hasta 5 kilogramos, pero si se desea elaborar 500 kilogramos de mermelada al día en casa, durante cinco días a la semana, esto ya no sería posible. Para hacerlo, habría que automatizar ciertos procesos, y cuando esto ocurre, la producción pasa de ser una producción casera a una producción microindustrial. Cambia la inversión y la forma de llevar a cabo ciertas operaciones, lo que depende de la tecnología disponible en el mercado para realizar cada una de las operaciones que contiene el proceso productivo completo. La elección de cierta tecnología se debe considerar no tan sólo desde el punto de vista de ingeniería, sino también desde el punto de vista de los negocios.[23]

LA CAPACIDAD INSTALADA Y LOS INSUMOS

Se ha dicho que la tecnología de elaboración de mermeladas es muy sencilla y esto hace que los insumos necesarios también sean fáciles de conseguir, tal como todas las materias primas, la mano de obra que no es muy calificada, etc. Por lo tanto, la disponibilidad de los insumos no limita la capacidad instalada.

---

[23] Hay que recordar que existen cinco tipos genéricos de procesos de manufactura que son por proyecto, por órdenes de trabajo, por lote, por línea y proyectos continuos. Para mayor detalle vea la parte teórica correspondiente.

Descripción del proceso productivo

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

Los productos se transportan a la planta en embalajes adecuados que eviten su deterioro en cualquier sentido. El material se pesa al llegar a la planta para efectos de control de inventarios. Se efectúa una inspección visual de su calidad y de inmediato se pasa al almacén respectivo.

PESADO Y SELECCIÓN

Aquí se inicia propiamente el proceso productivo, ya que esté pesado se refiere a la cantidad que se procesará en un lote de producción. No se olvide considerar las mermas propias del proceso al pesar la cantidad inicial de materia prima para el lote. La selección se realiza en forma visual y manual, separando aquellos frutos que se observen aplastados, magullados, inmaduros o con mal olor, y haciendo pasar la materia prima por una banda continua.

LAVADO DE LA FRUTA

La fruta seleccionada se transporta por la misma banda, donde es asperjada con un chorro de agua a alta presión para eliminar la suciedad que pudiera permanecer en su superficie. La temperatura del agua es de 35°C y se asperja durante un minuto.

MONDADO

Al terminar esta aspersión, la fruta continúa por la misma banda para que otro obrero elimine el pedúnculo de la fruta; al final se hace pasar por un macerador mecánico para obtener pulpa. En este momento la fruta se encuentra lista para ser escaldada, de forma que esta banda conduce directamente la fruta al tanque de escalde hasta que se acumula la cantidad necesaria para un lote de producción. El mondado no se interrumpe; cuando se ha llenado un tanque de escalde, inmediatamente se empieza a ocupar otro.

ESCALDADO

Consiste en la inmersión de la fruta en agua a una temperatura de 95°C por 20 minutos al nivel del mar. Se debe tomar en cuenta que en la ciudad de México el agua hierve a 92.5°C, de forma que el escalde deberá realizarse a 86-87°C. El escaldado es una operación necesaria que inactiva las enzimas de la fruta, ablanda el producto para que permita la penetración del edulcorante, elimina los gases intracelulares, fija y acentúa el color natural de la fruta, reduce en gran medida los microorganismos presentes, ayuda a desarrollar el sabor característico, favorece la retención de algunas vitaminas, principalmente la vitamina C, y reduce cambios indeseables en color y sabor. Una vez terminado el escalde se realiza la siguiente operación en el mismo tanque, para aprovechar el agua caliente.

Como dato adicional, si la fruta no se utiliza de inmediato, se puede conservar hasta por quince días a una temperatura de entre -0.5 y -1°C, si la humedad relativa es de 87%.

PREPARACIÓN DEL JARABE QUE CONTIENE LOS COMPONENTES ADICIONALES DE LA MERMELADA

Se extraen del almacén todas las sustancias necesarias para la elaboración de la mermelada, tales como conservadores, espesantes, etc. Se separa la proporción exacta para el lote que se procesará; como es poca cantidad, se transporta manualmente a un tanque de acero inoxidable para su disolución en agua. Se elabora una solución acuosa con todos estos componentes, que son pectina, ácido cítrico, benzoato de sodio y el edulcorante aspartame o sacarosa normal. Una vez hecha, se traslada al tanque de mezclado por medio de una tubería y una bomba.

MEZCLADO

En el mismo tanque del escaldado se vacían la solución acuosa con los componentes mencionados y la fruta. Se mueve con un agitador mecánico por cinco minutos hasta que la mezcla sea totalmente homogénea. De aquí pasa a un tanque de cocción por medio de tubería y una bomba.

COCCIÓN Y CONCENTRACIÓN

Del tanque de mezclado, la mixtura aún caliente se pasa por medio de una tubería y una bomba a una marmita, que es un tanque de acero inoxidable con doble chaqueta de vapor, cerrado, con un manómetro para el control de la presión en el que se aplica vacío para eliminar el agua de la mezcla. El objeto de este proceso es concentrar el compuesto hasta un contenido de sólidos solubles de 70°Brix.[24] Durante la concentración se evaporará el agua contenida en la fruta y los tejidos de la misma se ablandan. Este ablandamiento permite que la fruta absorba el azúcar (o cualquier edulcorante), el ácido y los otros componentes; durante el proceso se debe agitar la mezcla. La temperatura con vacío debe elevarse hasta 85°C. Este paso toma 20 minutos bajo condiciones estandarizadas de cantidad de producto, vacío y temperatura, para lograr la concentración de 70°Brix en la mezcla.

PREESTERILIZADO DE FRASCOS

Los frascos se sacan de las cajas de empaque y se colocan en una banda donde se asperjan con vapor de agua, no tanto para lavarlos porque son frascos nuevos, sino para preesterilizarlos con la alta temperatura del vapor. Por la misma banda siguen hasta llegar a la envasadora.

ENVASADO

La mezcla caliente se bombea hacia la llenadora y de ahí se envasa. Se debe dejar un espacio entre la tapa del frasco y el producto de, al menos, 5 milímetros. Los recipientes deben estar perfectamente limpios, aunque no es necesario que estén esterilizados. Los frascos se van acumulando hasta reunir una cantidad tal que se forme un lote de producción. Una vez reunido se pasa al siguiente proceso.

ESTERILIZACIÓN

La esterilización es un tratamiento térmico en el que intervienen la presión y la temperatura para dejar un producto completamente libre de bacterias. Un producto esterilizado tiene una vida de almacenamiento, en teoría, infinita; si se tuviera la certeza de que el producto se vendería y consumiría en el próximo mes, no habría necesidad de esto. Ante la incertidumbre de la fecha de venta y consumo es preferible esterilizarlo.

Una vez llenados y tapados los frascos a una temperatura elevada, se procede a introducirlos en un lote al esterilizador. Ahí deben alcanzar una temperatura de 120°C y una presión de 8 lb/pulg^2 durante 20 minutos. Bajo condiciones estandarizadas dada la cantidad de frascos, la temperatura a la que se introducen al esterilizador, el tiempo en que tardan en alcanzar la temperatura y la presión de esterilización, el proceso dura 55 minutos.

ENFRIADO

Una vez que el lote de frascos se puede sacar del esterilizador al bajar la presión, se traslada con un montacargas a un sitio de reposo, donde se enfrían por medio de un ventilador. El tiempo estimado para que esto ocurra es de 20 minutos por lote. Al enfriarse el frasco a la temperatura ambiente, producirá un vacío dentro del frasco.

ETIQUETADO, COLOCACIÓN EN CAJAS Y ENVÍO AL ALMACÉN

Una vez que los frascos salen del esterilizador se colocan manualmente en una banda que los conduce a una etiquetadora automática. Con el frasco lleno, tapado, esterilizado y etiquetado se introduce manualmente en cajas de cartón con capacidad de doce frascos. Se estiban cinco cajas y de ahí se transportan manualmente al almacén para dar por terminado el proceso productivo.

En la figura 3.19 se muestra el diagrama en bloques del proceso, y en la figura 3.20 el diagrama de flujo, que utiliza la simbología internacional de la ASME.[25]

---

[24] Los grados Brix expresan la concentración de soluciones de sacarosa, equivalente al porcentaje del peso de la sacarosa en solución acuosa. Aunque se define a 20°C es necesario hacer el ajuste por temperatura.

[25] ASME, American Association of Mechanical Engineering (Asociación Estadounidense de Ingenieros Mecánicos).

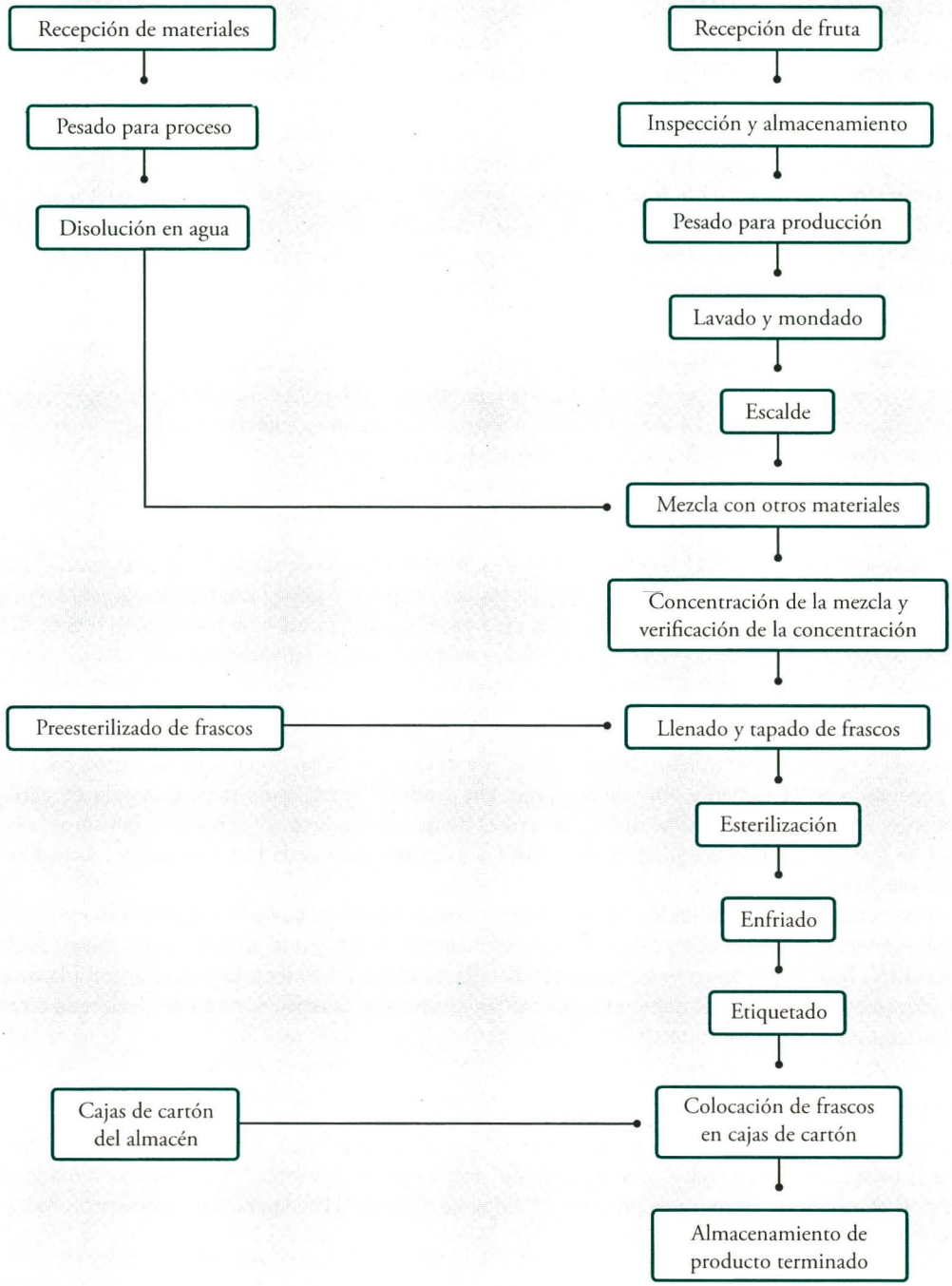


Figura 3.19 Diagrama de bloques del proceso.

Optimización del proceso productivo y de la capacidad de producción de la planta

Los insumos necesarios para el proceso no sólo son las materias primas sino, además, los equipos, la mano de obra, los servicios como la energía eléctrica, y otros, necesarios para poder elaborar la mermelada de fresa. El primer objetivo es investigar si todo lo que se necesita se encuentra disponible en el mercado. En este caso el proceso de producción es muy sencillo, con materias primas disponibles todo el año en las cantidades que se requieren y de buena calidad, las cuales son:



Figura 3.20 Diagrama de flujo de proceso.

- fresa
- pectina de bajo metoxilo
- ácido cítrico
- benzoato de sodio
- cloruro de calcio
- azúcar
- aspartame

Fuera de la fresa, que es la principal materia prima y que se puede conseguir en la central de abastos de cualquier ciudad e incluso es posible conseguir una entrega directa de productores si es que se compra periódicamente una cantidad considerable, y del azúcar, que también existen distribuidores autorizados en cualquier ciudad, los demás materiales se pueden conseguir con los siguientes proveedores:

- Dermet de México.
- Grupo Provequim.
- Compañía Universal de Industrias.
- Productos Básicos FENS.
- Helm de México.
- Proveedor Internacional de Químicos.

Por otro lado, ya se conocen todas las operaciones que se deben realizar para lograr la transformación de la materia prima en producto terminado, para lo cual se requiere de diferentes equipos, disponibles en el mercado en distintas capacidades; los promotores del proyecto desean invertir la menor cantidad de dinero en la instalación de la planta, de forma que habrá que buscar aquellos equipos que ayuden a automatizar las funciones de la planta, pero que tengan la menor capacidad; por ejemplo, el caso de las esterilizadoras, que se encuentran disponibles de muchos tipos y capacidades, sin embargo, habrá una que tenga la menor capacidad. Lo mismo ocurre con la llenadora y etiquetadora.

Tabla 3.8

Equipos de capacidad estandarizada	Equipos fabricantes según necesidades
Esterilizador Llenadora Etiquetadora Caldera Montacargas	Tanques de acero inoxidable (AI) Tanques enchateados de AI Tuberías Bombas Bandas Lavadoras de aspersión

Existen los llamados equipos clave que darán la pauta para determinar el tamaño óptimo. Son aquellos equipos que son costosos y no se fabrican en las capacidades que se requiere, sino que se venden en capacidades estandarizadas; por ejemplo, no es posible construir una etiquetadora con capacidad de quince etiquetas por minuto, en tanto que hay muchos equipos industriales que se construyen de acuerdo con las necesidades del usuario, básicamente los tanques de acero inoxidable. En el proceso de producción de mermeladas los equipos se muestran en la tabla 3.8.

Para iniciar la optimización de la planta, se debe partir del hecho de que sólo se va a envasar mermelada de fresa normal (95% de la producción) y mermelada para diabéticos (5% de la producción) en frascos de 500 gramos, de forma que deberán investigarse las capacidades mínimas disponibles en el mercado de los equipos clave, que son la esterilizadora, la envasadora y la etiquetadora. Los otros equipos requeridos en el proyecto se pueden fabricar en la capacidad que solicite el usuario. Sobre la caldera es preferible comprar una de capacidad muy sobrada para posteriores ampliaciones; y aunque podría hacerse lo mismo con la esterilizadora y etiquetadora, hay que recordar que es preferible fabricar en lotes pequeños, ya que esta práctica otorga gran flexibilidad al proceso de producción.

Tabla 3.9

Equipo clave	Capacidad disponible
Llenadora	1 500 frascos de 500 g/h
Esterilizadora	1 metro cúbico (o múltiplos de metro cúbico)
Etiquetadora	1 500 frascos de 500 g/h

Las capacidades de los *equipos clave* que se encontraron en el mercado se muestran en la tabla 3.9.

Con este dato se procede a calcular la capacidad mínima de producción que tendrá la planta productiva. Una característica importante del proceso es que la producción se elabora mediante lotes de producción. Esto se observa en el hecho de que dentro del proceso existen tres tanques de procesamiento, dos de mezcla, uno de evaporación, lo cual significa que se debe reunir la cantidad necesaria de materia prima para llenar cada uno de los tanques, y una vez llenos se realiza la siguiente operación; lo mismo sucede con la esterilización, en la cual se debe llenar el espacio disponible que ésta tiene para echarla a andar, a diferencia de la lavadora, la llenadora (envasadora) y la etiquetadora, que pueden funcionar ininterrumpidamente por horas, si se les alimenta de forma permanente, pero son procesos de producción continuos en el sentido de que pueden trabajar día y noche por días sin interrupción.

La regla es que el equipo más costoso se debe utilizar el mayor tiempo posible, los equipos clave en este caso. Como la llenadora y etiquetadora son procesos continuos, el único equipo que queda para tomarlo como base de cálculo es la esterilizadora. La capacidad de esta máquina es de 1 m^3 y se procesarán lotes en una cantidad tal que cada vez que se utilice se encuentre llena a su máxima capacidad, pues precisamente se trata de utilizarla en su totalidad.

Puesto que sólo se van a procesar frascos de mermelada de 500 gramos cada uno, el volumen unitario de cada frasco es de aproximadamente 10 cm^3, y considerando el espacio de las estibas, si la capacidad de la esterilizadora es de 1 m^3, entonces los lotes de procesamiento serían de 1 000 frascos por lote. Si cada frasco es de 500 gramos, cada lote de producción equivale a procesar 500 kilogramos por lote; por lo tanto, el resto del proceso y la capacidad de los equipos debe estar supeditado a procesar 500 kilogramos por lote. Esto lleva a que, hipotéticamente, se utilice la esterilizadora casi al 100% de su capacidad y con base en esto se medirá la utilización de la capacidad del resto de los equipos.

Selección de maquinaria

Para la investigación de las capacidades de los diferentes equipos que intervienen en el proceso se consultaron varios proveedores. Éstos se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10

Núm.	Proveedor	Dirección
1	Maquinaria Jerza, S.A. de C.V.	Autopista México-Qro. 3069-B, Tlalnepantla, Edo. de Méx.
2	MAPISA Intl, S.A. de C.V.	Eje 5 Ote. núm. 424, Col. Agrícola Oriental, Iztapalapa, D.F.
3	Casa de la Báscula, S.A. de C.V.	Eje 5 Ote. núm. 52, Col. Central de Abastos, Iztapalapa, D.F.
4	AVAMEX Ingeniería, S.A. de C.V.	Othón de Mendizábal núm. 474, Col. Industrial Vallejo, D.F.
5	SIELING de México, S.A. de C.V.	Autopista México-Qro. 1450, Tlalnepantla, Edo. de Méx.

En la tabla 3.11 se menciona el equipo necesario para el proceso y las actividades a realizar; son las que se mostraron de forma secuencial en el diagrama de flujo del proceso, de modo que para una mejor comprensión de la tabla 3.11, deberá referirse al diagrama mencionado.

Cuando aparecen actividades juntas, por ejemplo 9 y 1, 3 y 10, etc., significa que la misma persona las va a realizar, porque es la misma actividad y en el mismo sitio. En la tabla 3.12 se resumen las necesidades de equipo, una vez que la tabla 3.11 mostró la necesidad de cada máquina.

Todo el acero inoxidable que se utiliza es AI 304 y las bandas transportadoras son ligeramente distintas en materiales. Hay bandas para transportar fruta sucia y entera para ser lavada, bandas para transportar frascos vacíos por un túnel de vapor, bandas para transportar frascos llenos y tapados, etc. Lo que varía es el material del que están hechas, pero las dimensiones y el motor que utilizan es el mismo y sus características están anotadas en la tabla 3.12.

Tabla 3.11

Actividad	Descripción de actividad	Equipo necesario
1 y 9	Recepción de fruta y otras materias primas	Báscula de 1.5 toneladas
2	Inspección de materias primas	Ninguno
3 y 10	Almacenar	Montacargas de 1 tonelada
4, 11 y 29	Pesar para producción y colocar en bandas	Báscula de 0.5 tonelada
5	Transportar en banda	Banda transportadora de 3 metros
6	Lavado con agua a presión y mondado	Lavadora de banda con chorros de agua a presión
7	Transportar por banda a tanque de escalde	Banda transportadora de 3 metros
8	Escaldado	Tanque de acero inoxidable (AI) de 800 litros con chaqueta de vapor
12	Llevar manualmente materias primas a tanque	Ninguno
13	Disolver materias primas en tanque	Tanque de AI de 400 litros con agitador de AI de propelas en tanque
14	A tanque de mezcla	Tubería de AI de 2 metros de largo de 2 pulgadas y bomba de 3 HP
15	Mezclar frutas y materias primas disueltas	Ninguno, se efectúa en el mismo tanque
16	A tanque de concentración	Tubería de AI de 2 metros de largo, de 2 pulgadas y bomba de 3 HP
17	Concentrar mermelada a 70°Brix	Tanque de AI de 800 litros, enchaquetado y cerrado con medidores de presión y temperatura
18	A llenadora por bombeo	Tubería de AI de 3 metros de largo, de 2 pulgadas y bomba de 3 HP
19 y 28	Colocar en banda frascos para preesterilización y llevar cajas de cartón a zona de embalaje	10 metros de banda transportadora, desde el almacén hasta preesterilizador
20	Transportar frascos a llenadora por banda	Banda transportadora de 2 metros
21	Llenado	Llenadora automática de 25 frascos/minuto
21b	Tapado	Tapadora automática de 25 frascos/minuto
22	Estibar 1 000 frascos en 1 m^3	Estibas de AI para 1 000 frascos
23	Esterilización	Esterilizadora de 1 m^3 de capacidad
24	Pasar frascos estibados a zona de enfriado	Montacargas de 1 tonelada
25	Enfriado	Ventilador de 1 metro de diámetro
26	Colocar frascos en banda para etiquetado	Ninguno
27	Etiquetado	Etiquetadora automática de 25 etiquetas/minuto
30	Colocar en cajas de cartón los frascos y estibar cinco cajas	Ninguno
31	Transportar en diablo estibas de cinco cajas a almacén	Transportador móvil manual (diablo)
32	Almacenar	Ninguno
33	Controlar entrada o salida de flujo de tanques	11 válvulas de paso de AI de 2 pulgadas de diámetro
34	Proporcionar vapor y agua caliente para el proceso	Caldera de 15 HP

Tabla 3.12

Equipo	Características	Tamaño físico	Cantidad
Báscula marca Baunken	1.5 toneladas	1.5 × 2 m	1
Báscula marca Oken Torino	0.5 tonelada	0.5 × 4 m	1
Banda transportadora	Motor giratorio de 0.5 HP 220 V	0.5 × 1.5 m	1 tramo de 4 m, uno de 6 m y 3 de 1 m
Montacargas marca Remex	1 tonelada	1.2 × 2 × 2 m	1
Tanque de AI con agitador marca Jerza	400 litros, con motor de 1 HP	1 × 1 × 1.5 m	1
Tanque de AI enchaquetado con agitador, marca Jerza	800 litros, con motor de 2 HP	1.5 × 1.5 × 1.7 m	3
Tanque de AI enchaquetado, cerrado, con medidores de presión y bomba de vacío marca Jerza	800 litros	1.5 × 1.5 × 1.7 m	2
Lavadora de agua a presión con bomba de 5 HP marca Mapisa	10 aspersores, hasta 0.5 ton/h, 3 motores de 3 HP	0.8 × 3 × 1.6 m	1
Tapadora marca Mapisa	25 frascos/min, 3 motores de 0.75 HP	1.2 × 2.4 × 1.7 m	1
Preesterilizadora de vapor tipo túnel, marca Mapisa	5 aspersores de vapor, 2 motores 1 HP, 220 V	0.5 × 3 × 1.2 m	1
Ventilador	1 metro de diámetro, 1 motor de 1 HP	0.5 × 1.5 × 1.5 m	1
Tubería de AI	2 pulgadas de diámetro, AI 304	Requiere de 12 válvulas	De 14 a 15 m totales
Bomba de AI	3 HP		3
Purificador de agua de carbón activado	1 motor de 2 HP	1 m^2	1
Caldera SELMEC	15 HP. Motor de 3 HP	2 × 4 × 2 m	1
Esterilizadora marca Jerza	1 m^3, 220 V. Consumo 5 w/h	2 × 2.5 × 2 m	1
Etiquetadora marca Potdevin	25 etiquetas/minuto. Motor de 1 HP	1 × 3 × 2.5 m	1
Envasadora marca Mapisa	25 frascos/minuto, motor 0.75 HP	1.4 × 3.1 × 2 m	1

BALANCE DE MATERIA PRIMA

Cuando en un proceso se tiene una mezcla de sólidos y líquidos, como en la elaboración de mermeladas, lo mejor es expresar las cantidades en kg, haciendo alusión a la densidad de la mezcla, lo cual elimina el problema de decir cuánto volumen ocupa un kg de azúcar. En el caso de la elaboración de mermeladas, se identificaron cuatro subprocesos en donde cambia el balance de materia prima, por lo cual es necesario analizarlos por separado. Siempre que se agregó agua como parte del producto, se consideró que ésta tiene una densidad de 1 kg/L, lo cual estrictamente hablando sólo es cierto a 20°C. El balance de materia separado en cuatro subprocesos, en la elaboración de mermeladas es el siguiente:

MATERIA PRIMA DE PRIMER SUBPROCESO 213 kg de fresa fresca entera	——●	PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y DESECHOS DE PRIMER PROCESO 200 kg de fresa lavada lista para proceso + 6.4 kg de presa en mal estado (desecho) + 6.6 kg de pedúnculos (desecho)
MATERIA PRIMA DE SEGUNDO SUBPROCESO 0.5 kg de benzoato de sodio, 0.1 kg de ácido cítrico, 10 kg de pectina, 100 kg de azúcar, 239.4 L de agua (densidad del agua = 1 kg/L)	——●	PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y DESECHOS DE SEGUNDO PROCESO Mazola de 350 kg
MATERIA PRIMA DE TERCER SUBPROCESO 350 kg de mezcla, 200 kg de fruta, 164 L de agua (densidad del agua = 1 kg/L)	——●	PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y DESECHOS DE TERCER PROCESO Mezcla de 714 kg con densidad de 1.347 kg/L ocupando aproximadamente un volumen de 530 L
MATERIA PRIMA DE CUARTO SUBPROCESO Mezcla de 714 kg con densidad de 1.347 kg/L ocupando aproximadamente un volumen de 530 L	——●	PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y DESECHOS DE CUARTO PROCESO 500 L de producto final con una densidad de 1.369 kg/L + 300 L de agua en forma de vapor

Figura 3.21 Balance de materia prima.

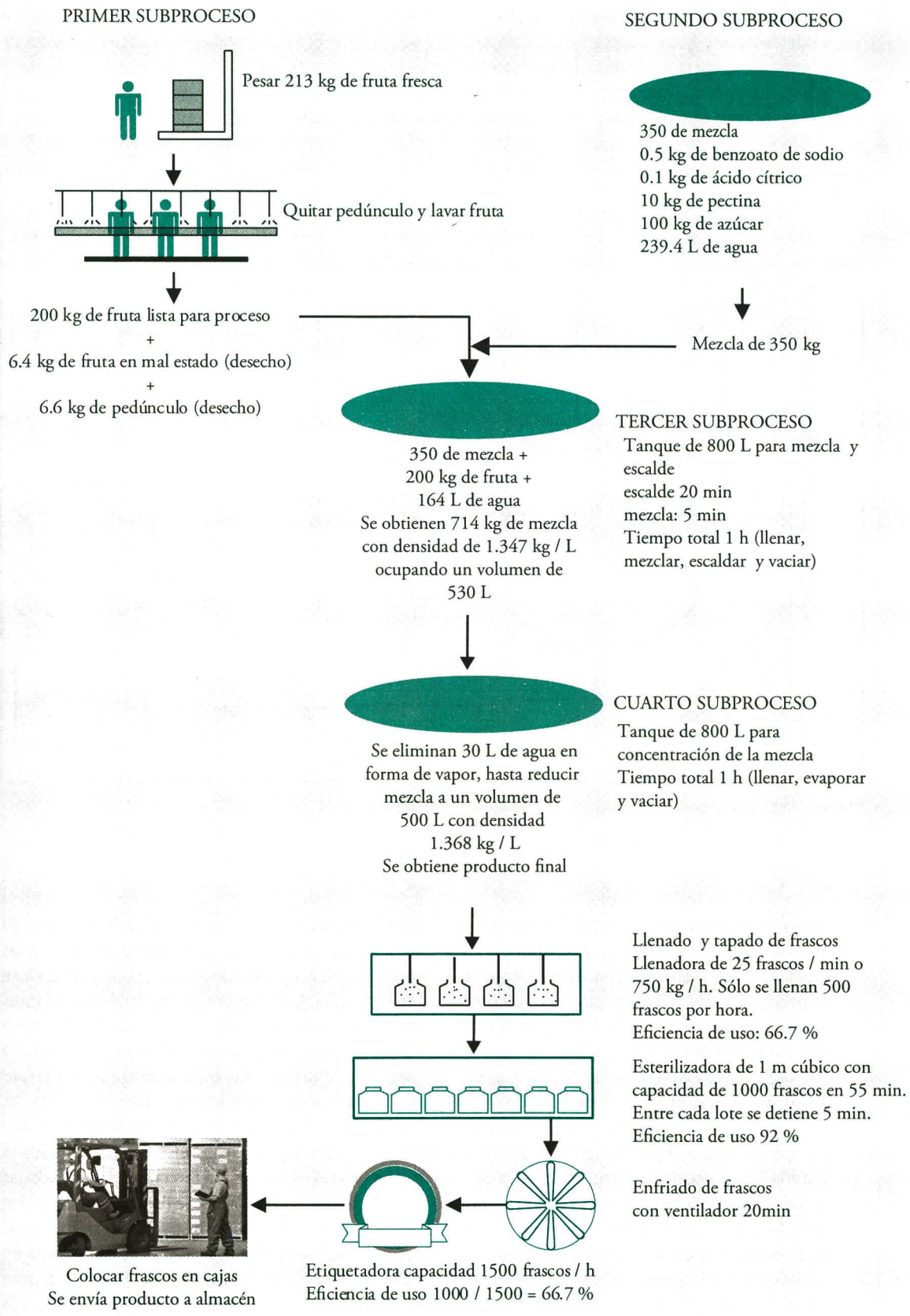


Figura 3.22 Balance de materia prima en los cuatro subprocesos y capacidades de los equipos utilizados para preparar un lote de 500 kg de producto.

En la figura 3.23 se muestra la distribución del equipo en el área de producción, una vez que se ha determinado la cantidad exacta de equipo que se requiere. El recorrido del material tiene forma de U; el proceso inicia en el almacén de materia prima, donde se encuentran las básculas, y termina en el almacén de producto terminado. El espacio libre que se observa entre la etiquetadora y los tanques es suficiente para que maniobre el montacargas en las zonas de estiba y enfriamiento.

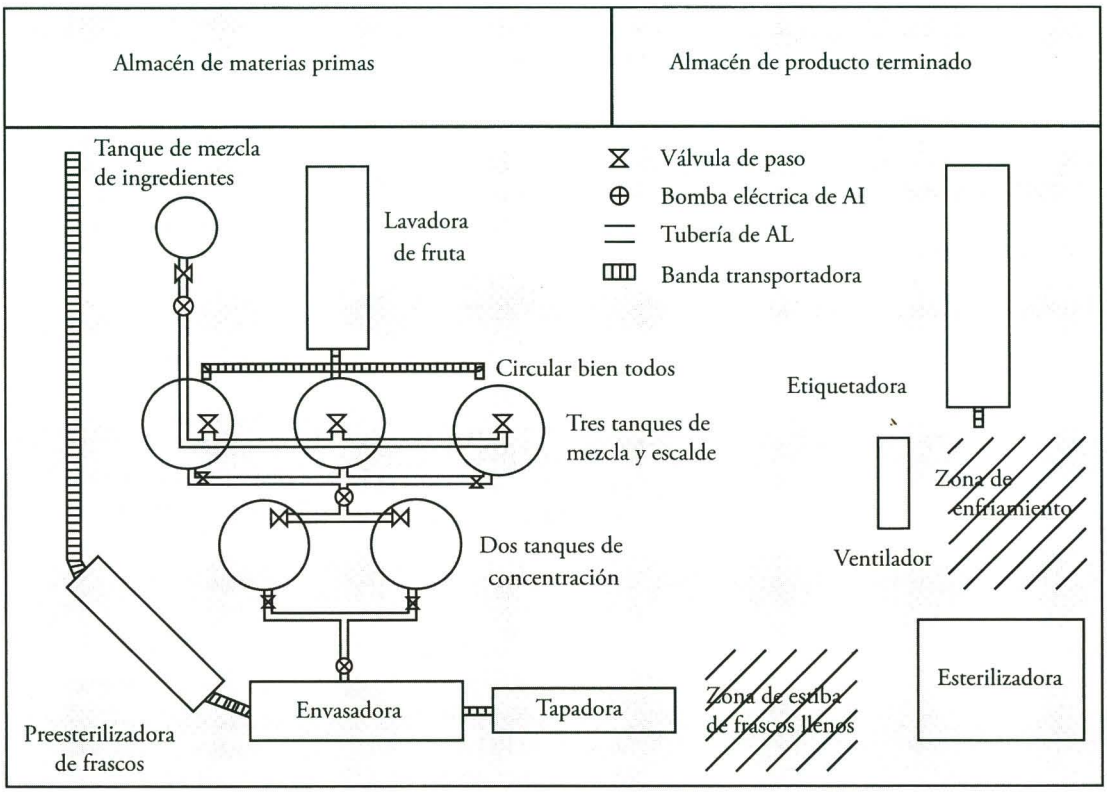


Figura 3.23 Distribución del equipo en el área de producción.

Cálculo de la mano de obra necesaria

Dadas las mismas actividades que en la tabla de selección del equipo, la cual se refiere al diagrama de flujo del proceso en la figura 3.20, ahora se determinan los tiempos de cada actividad y se calculan las necesidades de mano de obra. Inicialmente los tiempos se toman a partir del procesamiento de un lote de producción de 500 kilogramos (1 000 frascos de mermelada), luego se proyecta producir siete lotes diarios en un turno de ocho horas; por lo tanto, el cálculo de la mano de obra por día resulta de multiplicar la mano de obra por siete. En la tabla 3.13, cuando se dice que la mano de obra por día (M de O por día) es uno, significa que se requiere de un trabajador las ocho horas del turno; por ejemplo, un solo trabajador deberá atender el almacén de materias primas y su trabajo serán las actividades 1, 9, 2, 3 y 10.

La forma de calcular la mano de obra necesaria a partir de la tabla 3.13, consiste en lo siguiente: por ejemplo, para el primer renglón de la tabla, dice actividades 1 y 9, que consisten en pesar toda la materia prima necesaria, incluyendo fruta. Se reciben 3 toneladas de fruta cada tercer día y 1.5 toneladas de materia prima cada cuatro días, y se dispone de una báscula de 1.5 toneladas. Se ha calculado que con todas las actividades que implican bajar la fruta y la materia prima del transporte, pesarlas y transportarlas al almacén se consumen en promedio 2 horas al día, lo cual en la última columna se transforma en 2 horas/día. Esto significa que cada vez que se recibe fruta o materia prima, se consumen 3 horas, pero esta actividad no se hace diariamente, ya que la fruta se recibe cada tercer día y la materia prima cada cuatro días, es decir, 3 recepciones de fruta y dos de materia prima en una semana hacen 5 recepciones en total, una diaria en promedio. Para las siguientes semanas este promedio varía, precisamente por tener recepciones cada tres y cada cuatro días, pero el promedio general se mantiene.

Tabla 3.13

Actividad	Descripción y tiempo de operación	Equipo utilizado	Capacidad del equipo	Mano de obra utilizada	Frecuencia por turno	Tiempo min total/ turno
1 y 9	Recepción de fruta y otras materias primas (MP)	Báscula	1.5 ton	75 min	Una vez	75 min
2	Inspección visual de calidad de MP, 45 min	Ninguno	—	20 min	Una vez	20 min
3 y 10	Almacenar y clasificar materias primas, 2 h	Ninguno	—	15 min	7 lotes	105 min
4, 1 y 29	Pesar 213 kg/lote de MP para producción y colocar en banda, 40 min	Báscula	0.5 ton	5 min	7 lotes	35 min
5	Transporte en banda	Banda	—	Automático	Continua	—
6	Lavado con agua a presión y mondado de fruta	Lavadora con 5 obreros 0.75 kg/obrero/min	0.5 ton/h Mondado manual	384 min	Continua, 5 obreros	1 920 min
7	Transporte por banda a tanque de escaldado	Banda continua	—	Automático	Continua	—
8	Escaldado	Tanque de escaldado, 20 min	800 L	Automático	7 lotes	—
12	Llevar manualmente MP a tanque, 100 kg azúcar y otras MP, 20 min	Manual	—	5 min	7 lotes	35 min
13	Vaciar y disolver MP en tanque, 5 min	Tanque con agitador	400 L	5 min	7 lotes	35 min
14	Transporte de 350 L de tanque de mezcla a tanque de escalde con bomba, 10 min	Bomba eléctrica	1HP	Automático	7 lotes	—
15	Mezclar con agitador fruta y MP disueltas, 10 min	Agitador eléctrico	—	Automático	7 lotes	—
16	Transporte de 800 L por bombeo de mezcla a tanque de concentración, 10 min	Bomba eléctrica	1HP	Automático	7 lotes	—
17	Concentrar mermelada a 70° Brix, 30 min	Tanque de concentración	800 L	Automático	7 lotes	—
18	Transporte de mermelada a llenadora por bombeo	Bomba eléctrica	1HP	Automático	—	—
19	Preesterilizar 7000 frascos/día y colocar en banda, 1 h/lote	Preesterilizador continuo	Continuo	384 min	Continua	384 min
	Llevar cajas de cartón de almacén a envasadora frascos	Manual	—		Continua	192 min
	Colocación y transporte de frascos a llenadora por banda	Banda	—	2 min, 1 obrero	Continua	192 min
	Llenado de frascos	Llenadora	1 500 frascos/h		Automático	—
	Tapado de frascos	Tapadora	1 500 frascos/h		Automático	—
	Estiba de 1 000 frascos en 1 m^3, 40 min	Montacargas	1 ton	40 min		280 min
	Esterilización, 55 min	Esterilizadora	1 m^3	—		—
	Transporte de estiba de frascos a zona de enfriado, 10 min	Montacargas	1 ton	10 min		70 min
	Enfriado por ventilador, 20 min	Ventilador	—	Automático		—
	Colocación de frascos en banda para etiquetar, 45 min por 1 000 frascos	Manual	—	384 min		384 min
	Etiquetado	Etiquetadora	25 frascos/min	Automático		—
	Colocar 1000 frascos en cajas de embalaje y estibar 83 cajas/h	Manual	—	384 min		384 min
	Transportar manualmente a almacén, y lotes en 6.4 h	Manual	—	384 min		384 min
	Almacenar	—	—	10 min	7 lotes	70 min
					TOTAL	**4 565 min**

Si se suma la cantidad de obreros, resulta que se requieren 13.55, es decir, 14 empleados de mano de obra directa para producir 3.5 toneladas de mermelada por día de trabajo, con una jornada de ocho horas con una hora de comida. La determinación de tiempos requeridos para cada operación se realizó con base en tiempos predeterminados obtenidos en empresas similares en funcionamiento, pero esos estudios no se muestran aquí.[26]

BALANCE DE MANO DE OBRA

De los 4 565 min necesarios de mano de obra se obtiene que, como un obrero tiene disponible 384 min de trabajo efectivo por turno de 8 h (sólo aprovecha 80% del tiempo total), entonces se requieren:

$$\frac{4\,565 \text{ min}}{384 \text{ min}} = 11.88 \text{ obreros}$$

Es decir, 12 obreros. Sin embargo, esta determinación no considera vacaciones, ni faltas injustificadas o ausentismo por enfermedad, por lo que se decide contratar 14 obreros, los cuales tendrían un porcentaje de aprovechamiento de:

Minutos disponibles de 14 obreros: $14 \times 384 = 5\,376$ min

Minutos necesarios por turno, elaborando 7 lotes de producto = 4 565 min

$$\frac{4\,565 \text{ min}}{5\,376 \text{ min}} \times 100 = 84.9\%$$

Esto significa que los obreros van a trabajar el 84.9% del 80% del tiempo total disponible.

El número total de obreros directos en producción es de 14, en el supuesto de que trabajarán a 80% de su capacidad, lo cual es lo más recomendable. Algunas operaciones como el mondado de la fruta, trasladar frascos a una banda o empacarlos, son operaciones repetitivas, tediosas y físicamente agotadoras. Se recomienda rotación de puestos durante una jornada de trabajo, y que no exista personal especializado en una operación única para que todos puedan ser cambiados de función durante la jornada diaria. Este tipo de determinaciones lleva al concepto japonés de que es mejor para cualquier planta productiva que todos los obreros, y aun los supervisores, hayan aprendido a realizar todos los trabajos que se ejecutan, así cuando haya ausentismo por cualquier causa, la producción no se vea afectada sólo porque faltó personal de determinado puesto que es un especialista.

Trabajando en promedio 300 días por año, la capacidad de producción obtenida, con base en la optimización en el uso de los equipos clave, es de 1 050 toneladas anuales, que viene a ser 11.8% de la demanda potencial insatisfecha para el primer año de operación, bajo un escenario optimista y de 15.39% de la demanda potencial bajo un escenario pesimista. Observe también que con sólo aumentar turnos de trabajo se puede triplicar la producción sin inversión adicional en activo fijo.

Justificación de la cantidad de equipo comprado

Se propone que se adquieran tres tanques de escalde y mezcla, y dos tanques de concentración. La justificación para estas adquisiciones se muestra en la figura 3.24. En ella se han diagramado, contra el tiempo, todas las actividades de tres lotes de producción con los tanques mencionados. El diagrama empieza con el lavado y mondado de la fruta cuando ésta ya ha sido pesada. Es evidente que el primer tanque de escalde se empieza a ocupar desde el momento en que hay fruta lavada y mondada que pasa directamente al tanque de escalde por una banda transportadora.

El primer tanque de escalde estará ocupado desde la hora uno, hasta que se haya hecho el escalde, mezclado con las otras materias primas y se haya terminado de vaciar la mezcla hacia el tanque de concentración, y estas operaciones tomarán aproximadamente dos horas con 40 minutos; será posible disponer de este tanque hasta que haya sido completamente vaciado. Se observa en el diagrama que alrededor de la hora con 45 minutos, el lavado y mondado de la fruta ya habrá completado los 225 kilogramos de fruta que se requieren para el primer lote, y desde luego, continuará generando fruta lavada y mondada para el siguiente lote, misma que deberá vaciarse de inmediato en otro tanque para volver a repetir el mismo ciclo.

[26] La determinación de los tiempos de cada operación se puede realizar con base en tiempos predeterminados conocidos también como *estudio de tiempos y movimientos.*

En la figura 3.24 se observa que tal vez no sea necesario comprar un tercer tanque de escalde, puesto que para empezar a procesar el tercer lote de producción, lo cual inicia cerca de las tres horas con cinco minutos de iniciado el turno de trabajo, el primer tanque ya tendría al menos unos diez minutos de haber sido vaciado. Sin embargo, pensando en los contratiempos normales que pueden presentarse durante una jornada de trabajo, se propone la compra del tercer tanque de escalde. Todo esto es claro en la primera zona en color del diagrama.

El mismo análisis se efectúa para el tanque de concentración. El primero de ellos se utiliza a partir de las dos horas con quince minutos y termina de utilizarse a las tres horas con cincuenta minutos, en tanto que es necesario tener el segundo tanque de concentración disponible desde las tres horas con veinticinco y terminará de utilizarse a las tres horas con cincuenta y cinco minutos, siempre tomando como tiempo de referencia la hora de inicio del turno, es decir, la escala de la extrema izquierda. Observe cómo el tanque de concentración para el tercer lote se requiere a las cuatro horas con veinte minutos de haber iniciado el turno, en tanto que el tanque de la primera corrida ya se habría desocupado desde las tres horas con cincuenta y cinco minutos. Por esto sólo se requieren dos tanques de concentración.

Respecto a la envasadora, tapadora y etiquetadora, recuerde que sus capacidades están sobradas y son procesos continuos, por lo que no se tiene problema con ellas en el sentido de que se conviertan en cuellos de botella. Respecto a la esterilizadora, su capacidad es de 1 000 frascos cada 55 minutos (500

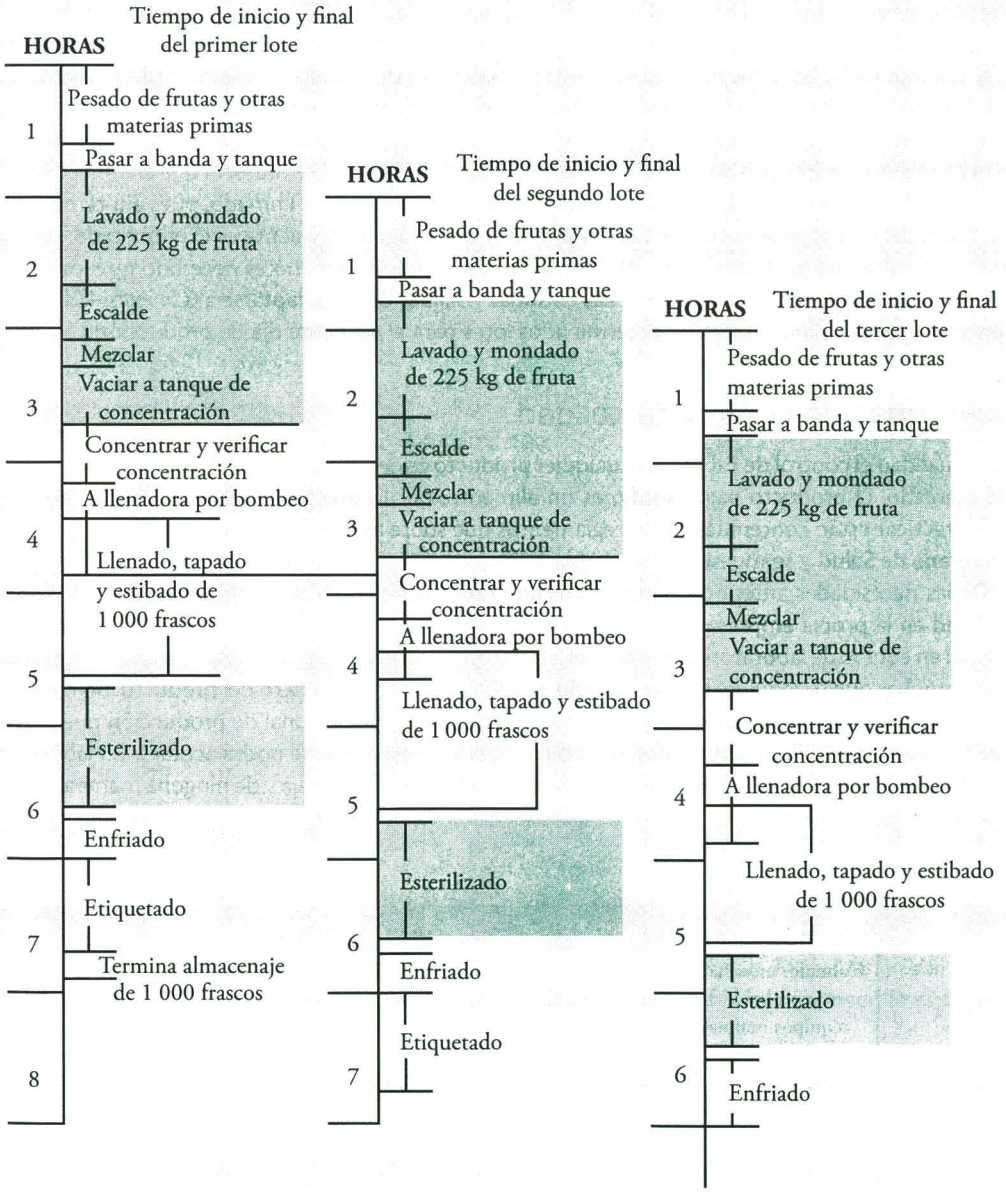


Figura 3.24
Justificación de la cantidad de equipo.

kg/55 min) y esto es suficiente. Observe cómo cuando termina la esterilización del primer lote todavía faltan unos 10 minutos para que estén listos los 1 000 frascos del segundo lote y lo mismo sucede para los lotes sucesivos. Esto se muestra en la segunda zona en color del diagrama. Se había calculado una utilización de 92% de la esterilizadora y en el diagrama puede notarse cómo es el único que se utiliza continuamente, lo cual es lo que se busca, ya que es el equipo más costoso.

Todas estas conclusiones se realizan fácilmente trazando líneas horizontales sobre las escalas de tiempo del diagrama y observando los tiempos en que se inicia cada una de las operaciones de los diferentes lotes.

Tanto envasadoras, esterilizadora, etiquetadora, etc., no estarán ociosos hasta que se procese todo el lote. En la figura 3.24 se observa que la llenadora se empieza a utilizar hasta las tres horas con treinta minutos de iniciado el turno de trabajo y la esterilizadora se utiliza hasta las cuatro horas con 45 minutos; esto se evita fácilmente teniendo producto en proceso, por ejemplo, si al inicio de cada día laboral ya existe mermelada preparada a la concentración adecuada, estará lista para envasarse; si ya existe un lote de frascos envasados, se colocarán de inmediato en la esterilizadora; si ya existen frascos esterilizados desde el inicio del turno entrarán a la etiquetadora. Que esto se realice correctamente, es decir, que no existan equipos ociosos durante el turno de trabajo, depende de que se programe adecuadamente la producción.

La misma figura muestra también esta situación, pues se podrá observar en el procesamiento del tercer lote cómo las ocho horas del turno de trabajo, dejarían un lote de 1 000 frascos esterilizados y listos para ser etiquetados al iniciar el trabajo del siguiente día.

La línea de tiempo de la extrema izquierda es el turno de trabajo de ocho horas y es sobre esta escala que se realizan todas las mediciones. Si se quisiera utilizar este tipo de diagramas para programar toda la producción, se tendrían que trazar siete escalas de tiempo verticales, una por cada lote. En ese diagrama sería fácil observar en qué proceso de producción se interrumpió cierto lote y cuál sería el primer proceso que se aplicaría a ese lote al día siguiente. Por ejemplo, en la figura 3.24 se muestra que el tercer lote, que es la escala de tiempo de la extrema derecha, se debe interrumpir en el enfriado, pues ahí terminan las ocho horas del turno; para ese tercer lote, el primer proceso del día siguiente es el etiquetado. Hay que tomar en cuenta que para una buena programación de la producción, no es necesario que los catorce obreros entren y salgan a la misma hora. Las entradas y salidas deben adaptarse a las necesidades y tipo de proceso que deba iniciarse sobre determinados lotes para el siguiente día de producción.

Pruebas de control de calidad

En la actualidad el control de calidad de cualquier producto es necesario para la supervivencia del mismo en el mercado. El producto bajo estudio es un alimento, por lo que las pruebas de calidad que se le deban practicar están contenidas en los reglamentos que sobre alimentos procesados se encuentran en la Secretaría de Salud y se muestran en la tabla 3.14.

De las necesidades anteriores parece claro que no es necesario instalar un laboratorio de control de calidad en la propia empresa por dos razones: la primera es que se tendría que hacer una inversión adicional en equipo de laboratorio, construir el laboratorio y contratar personal especializado. Segundo, el tipo de pruebas que se requiere realizar a diario, prueba de vacío y peso neto del producto, no requieren instrumental ni preparación especial, ya que casi cualquier tipo de personal de producción puede realizarlas, por su sencillez. Para las pruebas microbiológicas y de proteínas se podrá acudir a un laboratorio comercial, dado que la exigencia de la frecuencia de las pruebas es muy baja y de ninguna manera justifica la instalación de uno propio.

Tabla 3.14

Tipo de prueba	Equipo requerido	Frecuencia de la prueba
Microbiológica. Se debe verificar la completa ausencia de todo tipo de bacterias	Contador automático del número más probable de bacterias o equipos manuales que tengan el mismo fin	Al menos una vez por semana
Prueba de vacío en el producto	Medidor de vacío en recipientes herméticos	Diaria
Peso	Báscula	Al menos una prueba por lote
Contenido proteico	Equipo Kjeldhal	Una vez cada seis meses

Mantenimiento que se aplicará por la empresa

El tipo de mantenimiento aplicado por una empresa que requiere de una inversión fuerte es correctivo y preventivo, y está en función del equipo que se posea. Si se observa con detenimiento la maquinaria de la empresa, se verá que hay equipo muy especializado como la envasadora, la tapadora, la etiquetadora y el esterilizador; el resto del equipo es relativamente sencillo, ya que son tanques, tuberías y bombas de acero inoxidable, bandas transportadoras y una caldera.

Al planear la empresa debe decidirse si dentro de la misma se instalará un departamento especializado que dé mantenimiento a todos estos equipos con absoluta seguridad de su funcionamiento. Con el equipo llamado *sencillo* en realidad no hay mayor problema, porque incluso es sencillo mantener en buenas condiciones a una caldera. El equipo sanitario de acero inoxidable debe ser limpiado con detergentes especiales al terminar el turno de trabajo, pero eso es una rutina.

El problema viene con los equipos *especializados*, pues no cualquier persona puede mantenerlos ni repararlos en forma adecuada. Para ello se sugiere contratar un servicio de mantenimiento directo del proveedor, quien normalmente está disponible a brindarlo a la hora que sea necesario. Los proveedores darían mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos especializados.

Para el resto de los equipos, incluyendo la caldera, se propone contratar a un técnico electricista con conocimientos de mecánica, que se encargue no sólo de los equipos sencillos, sino del cuidado general de las instalaciones de la planta. La inversión que se requiere para aplicar el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos sencillos y a las instalaciones de la planta es mínima.

Determinación de las áreas de trabajo necesarias

Una vez que se han determinado y justificado equipos, mano de obra y el proceso productivo, es necesario calcular el tamaño físico de las áreas necesarias para cada una de las actividades que se realizarán en la planta, las cuales van mucho más allá del proceso de producción. De hecho, en la descripción y selección del equipo se propuso una distribución inicial, pero exclusiva para el departamento de producción.

Las áreas que debe tener la empresa se enuncian a continuación. Es necesario recordar que se está planeando una microempresa, lo cual significa hacer una planeación lo suficientemente adecuada como para que la empresa pueda crecer si las condiciones del mercado lo permiten.

- Patio de recepción y embarque de materiales.
- Almacenes de materia prima y producto terminado.
- Producción.
- Mantenimiento.
- Sanitarios del área de producción.
- Sanitarios para las oficinas.
- Oficinas administrativas.
- Vigilancia.
- Comedor.
- Áreas verdes (áreas de expansión).
- Estacionamiento.

En la tabla 3.15 se presenta la justificación de cada una de estas áreas.

Memoria de cálculo:

1. **Almacén de fruta** Se manejarán inicialmente 1.5 toneladas/día. Se recibirán 3 toneladas cada tercer día. Esta materia prima no puede ser calculada por lote económico (LE) dado que es un producto perecedero. Se recibirán 120 cajas de 25 kilogramos cada una, de las que se hacen estibas de cinco cajas. Cada caja ocupa un área de 0.5×0.4 m $= 0.2$ m^2. Se harán 24 estibas, por lo que se requieren 5 m^2, más espacios para maniobras. Total para almacenar la fruta, incluyendo espacio de maniobras con montacargas $= 30$ m^2.
2. **El azúcar** es la materia prima que se utiliza en una cantidad mucho mayor que el resto de las otras, tales como la pectina, el ácido cítrico, etc. Su compra se calcula con lote económico.

Datos: Precio del producto = supongamos que está a 4.5 pesos/kg o 4 500 pesos/ton; consumo anual = 700 kg/día $\times$ 300 días/año = 210 000 kg o 210 ton; costo de mantener el inventario (es

Tabla 3.15 Bases de cálculo para cada una de las áreas de la empresa.

Área	Bases de cálculo	m^2
Patio de recepción de material	Área suficiente para que maniobre un camión de 5 ton	72
Báscula de recepción	Tamaño de la báscula más espacio de maniobras	2.5
Almacén de fresa	Se manejan 1.5 toneladas/día en un turno de trabajo. Se reciben 3 toneladas cada tercer día. Vea memoria de cálculo (1)	30
Almacén de materias primas	El azúcar es la principal materia prima. Vea memoria de cálculo (2)	30
Almacén de frasco de detergentes, vidrio, tapa y cajas de cartón	Se requieren de 7 000 frascos por día. Espacio necesario más espacio de maniobras. Vea memoria de cálculo (3)	40
Almacén de producto terminado, incluyendo oficina de control	Inicialmente se producen 7 000 frascos/día que ocupan un espacio de 3.5 m^2 con estibas de producto, más espacio de maniobras, 3 m^2	25
Báscula para pesar materias primas	Tamaño de la báscula más espacio de maniobras	2
Área de producción	Vea memoria de cálculo (4)	216
Área de caldera	Tamaño del equipo más espacio de maniobras	20
Sanitarios para producción	Vea memoria de cálculo (5)	28
Oficinas administrativas	Vea memoria de cálculo (6)	42
Oficinas de producción y control de calidad	Vea memoria de cálculo (7)	28
Sanitarios para oficinas	Vea memoria de cálculo (8)	14
Comedor	Vea memoria de cálculo (9)	21
Mantenimiento	Espacio necesario para un almacén de herramientas y una mesa de trabajo	21
Estacionamientos	1 por cada 200 m^2 construidos. Total 5 cajones	112
Caseta de vigilancia	Controlará la puerta de acceso	3
Áreas verdes y expansión	Para prevenir futuras expansiones	224

la tasa de interés vigente en el mercado) = 0.2 o 20% anual; costos fijos de colocar o recibir una orden de compra (venta), costo del departamento de compras, suponiendo una persona que gana al año $48 600 con prestaciones y que hace al menos 100 pedidos de materia prima por año, con un costo por pedido de $486:

$$LE = \sqrt{\frac{2FU}{CP}} = \sqrt{\frac{2 \times 486 \times 210}{0.2 \times 4\,500}} = 15 \text{ ton}$$

observe que todo está expresado en toneladas. Por lo tanto, cada vez que se compre azúcar se comprarán 15 toneladas, en costales de 50 kilogramos con una superficie aproximada por costal de 1 × 0.45 m; es posible estibar hasta diez costales. Si se compran 15 toneladas, esto equivale a comprar 15 × 20 × 300 costales cada vez que se compre azúcar, en estibas de 10 se requieren 30 estibas por una superficie por estiba de 1 × 0.45 = 0.45 m^2 × 30 = 13.5 m^2, más área de maniobras para mover el azúcar con montacargas. Total = 30 m^2.

Esta área es suficiente para almacenar la demás materia prima que se utiliza en muy poca cantidad por día; la pectina, que es la tercera materia prima que más se utiliza, consume 70 kg/día (10 kg/lote) y las demás materias primas en mucha menor cantidad.

3. **Almacén para frascos, tapas y cajas de cartón** Se utilizan 7 000 frascos/día, el mismo número de tapas, mismo número de etiquetas y 7 000/12 = 584 cajas de cartón/día como embalaje. Se calcula lote económico para frascos (cuyo precio ya incluye la tapa) y para cajas de cartón, considerando un precio unitario de: frasco de vidrio de 500 g con tapa = 4 050 pesos/millar; caja de cartón con capacidad de 12 frascos: 340 pesos/millar.

LE del frasco = 85.5 millares cada vez que se compre, esto ocupará una superficie de 17 m^2 considerando las cajas de frascos ya estibadas.

LE de cajas de cartón = 14.2 millares de cajas cada vez que se compre, esto ocupará una superficie de 5 m^2 considerando las estibas de las cajas de cartón sin extender.

Superficie total del almacén de frascos, tapas, etiquetas y cajas de cartón, incluyendo espacio de maniobras: 40 m^2. Este espacio es también suficiente para almacenar detergente especial para lavar el equipo. También este insumo se utiliza en muy poca cantidad, 5 kilogramos por día de detergente, ya que se lava una sola vez todo el equipo al terminar el turno.

4. **Producción** Se tomó en cuenta el tamaño físico de todos los equipos y el número de tanques, lo cual ya fue mostrado en el diagrama de distribución del equipo en el área de producción. En la figura 3.21 también se muestran las áreas de enfriamiento, estibamiento de frascos llenos y de maniobras del montacargas para cargar y descargar la esterilizadora. Todo esto arroja una superficie de $12 \times 18 = 216$ m^2.
5. **Sanitarios de producción** De acuerdo con el reglamento de construcción vigente para el país, en industrias hasta con 25 trabajadores que intervengan en procesos que manejen alimentos, deberá existir un sanitario por cada quince, o fracción mayor de siete, trabajadores del mismo sexo, la misma cantidad de lavabos y una regadera con agua caliente; desde luego, la instalación de la regadera obliga a una superficie de vestidores. Por lo tanto, se decide instalar dos sanitarios completos, dos lavabos, una regadera con agua caliente y vestidores. Superficie total ocupada = 28 m^2.
6. **Oficinas administrativas** Tomando en cuenta la cantidad de personal administrativo que se muestra en el organigrama general de la empresa y de acuerdo con el reglamento de construcciones, debe ser de al menos 2 m^2 de área libre por trabajador de oficinas. Superficie total de 42 m^2.
7. **Oficinas de producción** Con base en el programa de producción de un solo turno, se propone poco personal administrativo en producción, mismo que aparece en el organigrama. Este mismo personal haría las pruebas de calidad ya mencionadas, para lo cual se requeriría un área muy pequeña en la que también se almacenarían muestras para el control de calidad externo. Área de oficina incluyendo control de calidad de 28 m^2.
8. **Sanitarios de oficinas** Con base en el mismo reglamento de construcciones, se decide instalar dos sanitarios, uno para personal de cada sexo y un lavabo en cada sanitario. Total = 14 m^2.
9. **Comedor** Ninguna ley referente a las condiciones de trabajo o reglamento de construcción obliga a las empresas a construir un comedor para los trabajadores, de modo que la construcción de esa área es totalmente optativa. En este caso se ha decidido destinar un área para el comedor que cuente con una mesa y una estufa de gas para que los trabajadores tomen cómodamente sus alimentos y puedan calentarlos si es necesario. Se asigna un área de 21 m^2.

Hay que destacar que el proceso arroja cierta cantidad de desperdicios, aproximadamente 6.2% que corresponde a 3% de fresa en mal estado y 3.2% del mondado de la fresa (quitar pedúnculo). Si se procesan 213 kilogramos por lote y siete lotes diarios, entonces se está hablando de unos 1 500 kilogramos diarios de fruta que generarán un desperdicio aproximado de $1\,500 \times 0.062 = 93$ kilogramos por día, lo cual no es un problema de contaminación, ya que esta cantidad puede ser almacenada en uno o dos tambos de 200 litros, para que el servicio municipal de limpia recoja esta basura diariamente. Por esta razón no es necesario asignar un área especial para disposición de desechos sólidos.

La suma de las áreas de la planta arroja un total de 925 m^2, pero no es necesario comprar un terreno de estas dimensiones, ya que las oficinas, los sanitarios y el comedor pueden construirse en un segundo nivel. Esta superficie es el área total construida que se requiere. El terreno que se adquiera dependerá de las superficies de terreno disponibles en el parque industrial y de la disponibilidad de dinero, aunque lo más recomendable es que tenga un área de 25 m de frente por 30 m de fondo. Es importante anotar que mucha de la superficie del terreno y de las oficinas es necesaria para el tránsito de personas o de materiales.

Si se desea contar con espacio de expansión en espera del crecimiento futuro, hay que dejar cierto margen de holgura en todas las áreas. En la tabla 3.16 se presenta un resumen de las principales secciones de la empresa, considerando que las oficinas se ubicarán en el segundo nivel, justamente arriba de los almacenes.

Se observa que todas las superficies están por arriba del mínimo calculado.

Tabla 3.16 Resumen de las áreas de la empresa

Área	m^2
Terreno	750
Almacenes	125
Oficinas y sanitarios (planta alta)	175
Jardines (áreas de expansión)	189
Caldera	20
Estacionamiento	200
Producción	216

Distribución de planta

El siguiente paso en el diseño de la planta es distribuir las áreas en el terreno disponible, de forma que se minimicen los recorridos de materiales y que haya seguridad y bienestar para los trabajadores. La distribución debe tomar en cuenta todas las zonas de la planta y no sólo la de producción; y la distribución que se proponga debe brindar la posibilidad de crecer físicamente, es decir, contemplar futuras expansiones.

Para realizar la distribución se utiliza el método de Distribución Sistemática de las Instalaciones de la Planta o SLP (*Systematic Layout Planning*), el cual consiste en obtener un diagrama de relación de actividades construido con dos códigos. El primero de ellos es un código de cercanía representado por letras y por líneas, donde cada letra (o número de líneas) representa la necesidad de que dos áreas estén ubicadas cerca o lejos una de la otra; el segundo código es de razones, representado por números, cada número representa el porqué se decide que un área esté cerca o lejos de otra. Los códigos se presentan en las tablas 3.17 y 3.18.

Tabla 3.17 Código de cercanía

Letra	Orden de proximidad	Valor en líneas
A	Absolutamente necesaria	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinaria o normal	
U	Unimportant (sin importancia)	
X	Indeseable	
XX	Muy indeseable	

Tabla 3.18 Código de razones

Número	Razón
1	Por control
2	Por higiene
3	Por proceso
4	Por conveniencia
5	Por seguridad

En las figuras 3.25 y 3.26 se presentan los diagramas de correlación para producción y para la planta en general.

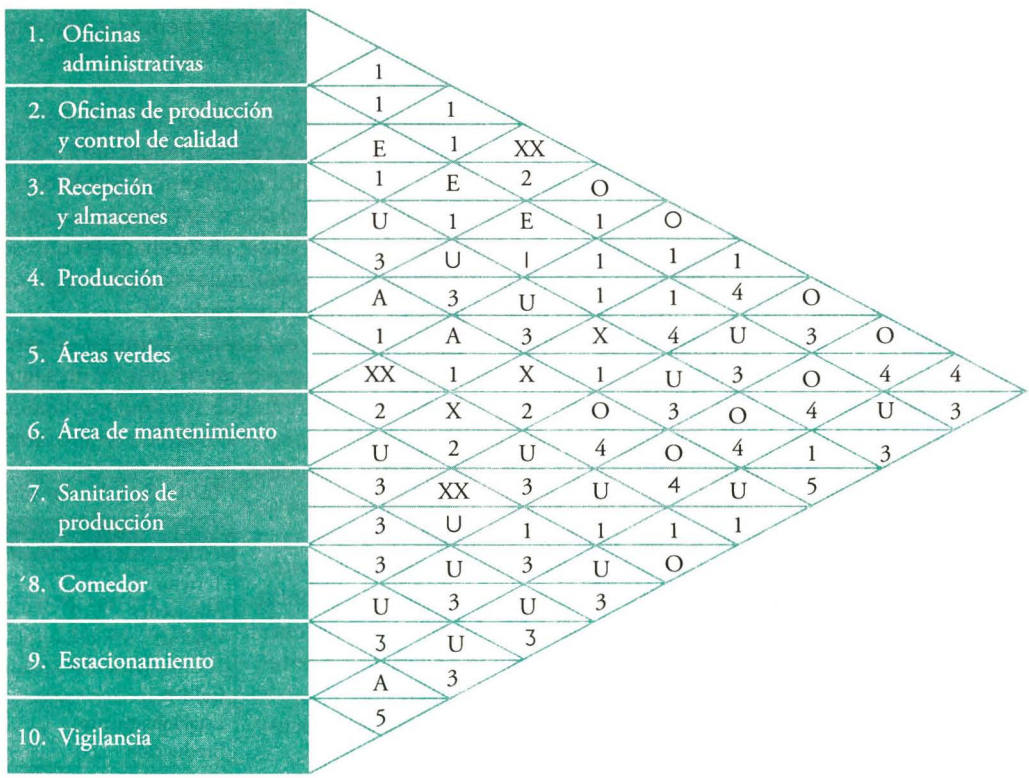


Figura 3.25 Diagrama general de relación de actividades.

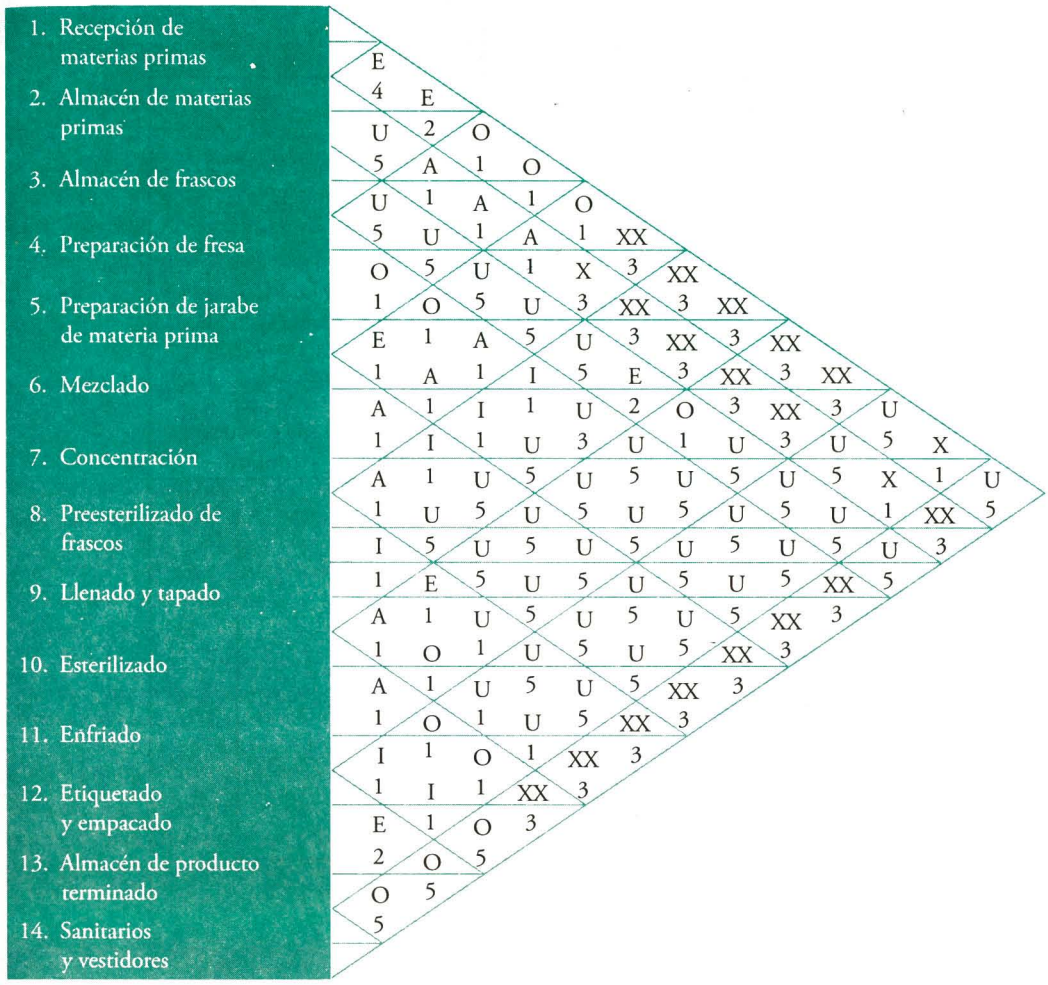


Figura 3.26 Diagrama de relación de actividades del área de producción.

Con las figuras mencionadas se construye el diagrama de hilos (vea la figura 3.27) que utiliza el código de líneas, para empezar a visualizar la distribución que tendrá la planta completa. En el diagrama de hilos sólo se utilizan las diez áreas del diagrama de relación de actividades de la planta en general, y a producción se le considera como una sola sección.

Con todos estos diagramas lo único que falta es proponer un plano a escala donde se muestre la distribución de todas las áreas. En el plano que se muestra en las figuras 3.28 y 3.29 se podrá observar que la fábrica ha sido diseñada para tener gran flexibilidad en cuanto al crecimiento y adaptación a nuevos procesos. Por ejemplo, observe que junto a tres muros del área de producción existen inicialmente áreas verdes y que tanto los almacenes, como el área de producción pueden crecer con ampliaciones sencillas. Las oficinas serán construidas sobre los almacenes y un trecho queda volado dos metros sobre el estacionamiento para ser más amplias. Éstas también pueden crecer con facilidad, ya que están en el segundo nivel.

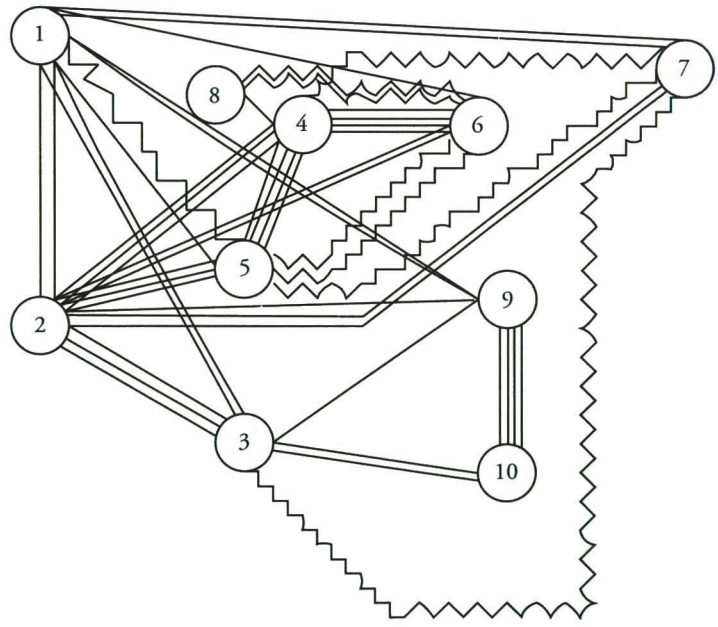


Figura 3.27 Diagrama de hilos de la empresa.

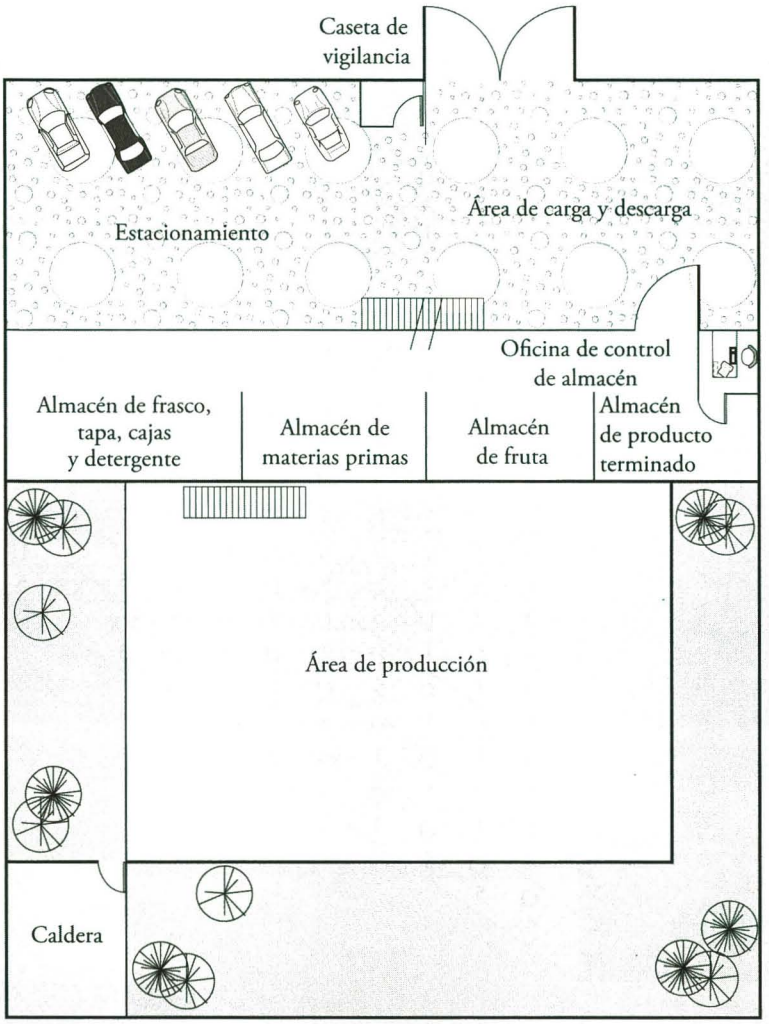


Figura 3.28 Planta baja del plano general de la empresa.

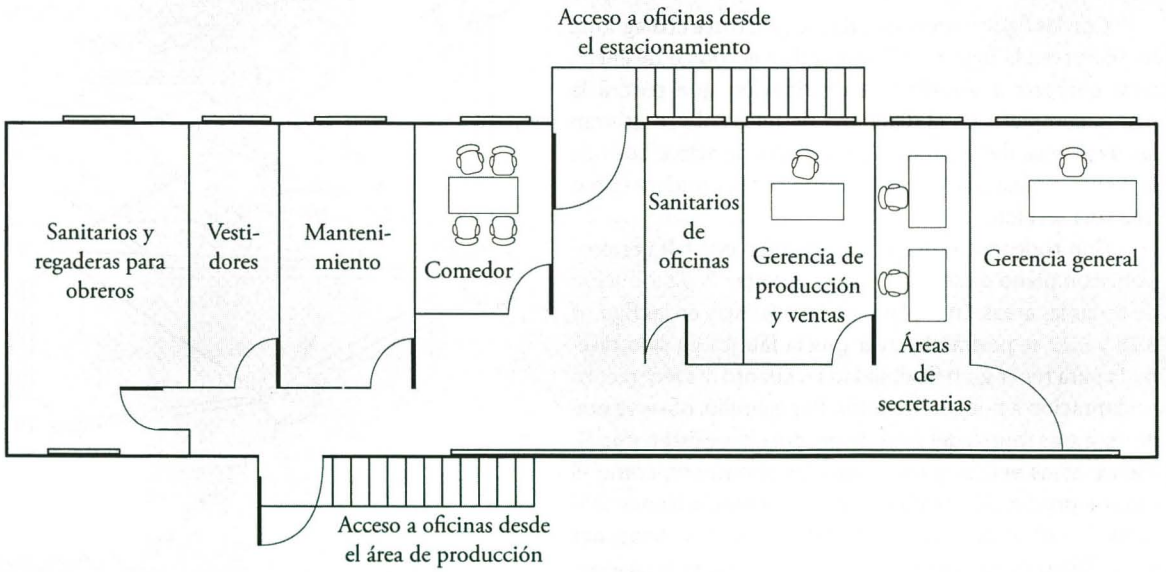


Figura 3.29 Plano de la planta alta de la empresa.

Organigrama de la empresa (organización del recurso humano)

Desde el principio se mencionó que el objetivo de este proyecto es diseñar una microempresa. La característica principal de una empresa de este tamaño es que cuenta con poco personal. Algunos puestos que aparecen en el organigrama son multifuncionales, es decir, una sola persona los ejerce; por ejemplo, el gerente general tendrá que desempeñar la función de dirigir la empresa, salir a vender el producto, probablemente realizar algunos cobros, etc. Otras funciones, como la contabilidad, será más recomendable que se realicen por medio de *outsourcing*, esto es, será preferible contratar a un despacho de contabilidad o a un contador externo para que haga este trabajo. Lo anterior será mucho más barato que contratar a un contador propio, dado que la empresa es pequeña y las finanzas sencillas de controlar.

A continuación se menciona el personal total a contratar. El personal administrativo está constituido por tres gerencias:

- Gerencia general.
- Gerencia de producción.
- Gerencia de ventas.

Se contará con dos secretarias que apoyarán las necesidades de las tres gerencias. Por otro lado, se tiene al personal técnico y de apoyo administrativo, para lo que se contará con:

- Un técnico de mantenimiento.
- Un almacenista.
- Un vendedor.
- Dos choferes que ayuden al vendedor en la distribución del producto.
- Dos personas encargadas de la limpieza de la planta.
- Un vigilante.

Ya se había calculado que se requieren 14 obreros calificados para realizar todas las labores de producción. Las funciones de contabilidad, y parcialmente de control de calidad, las realizarán despachos externos a la empresa. Con estos datos se construye el organigrama mostrado en la figura 3.30.

Se está proponiendo al personal mínimo para que funcione adecuadamente la planta; recuerde que se planea una microempresa. Si la demanda del producto llega a incrementarse, lo que sería deseable, el gerente de ventas tendrá la obligación de expandir el mercado, así como el gerente de producción tendrá la función de planear adecuadamente el aumento de los turnos de trabajo y de la capacidad instalada de la empresa.

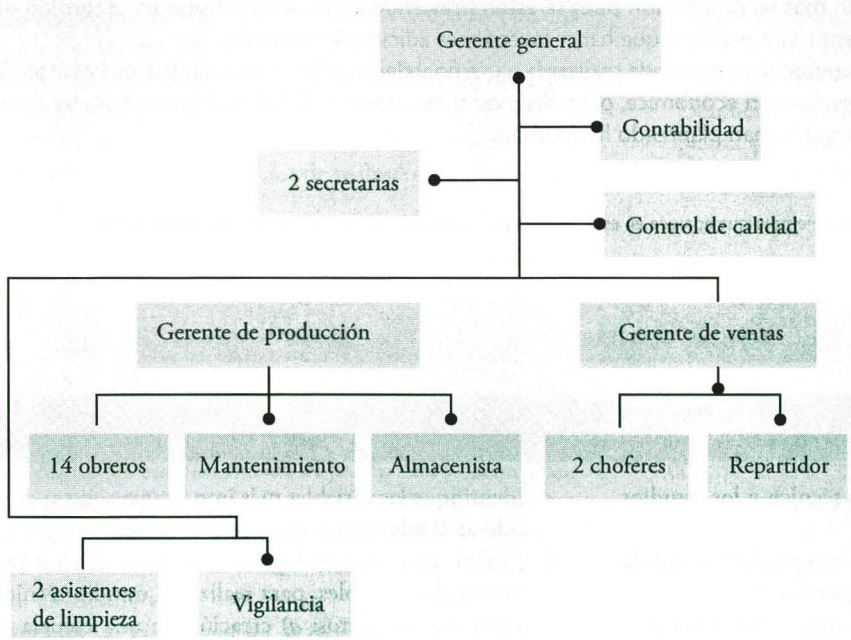


Figura 3.30 Organigrama general de la empresa.

Aspectos legales de la empresa

La empresa no tiene impedimentos legales para ser instalada y funcionar adecuadamente; no es una industria contaminante ni consumidora de recursos escasos como el agua. El único aspecto legal que debe tener presente es que, dado que es una empresa productora de alimentos procesados, debe sujetarse estrictamente a las normas exigidas por la Secretaría de Salud en cuanto a las características organolépticas, físico-químicas y bacteriológicas del producto. Las normas que rigen la elaboración de mermeladas son:

- NOM-F-112 Determinación de sólidos solubles para frutas y derivados procesados.
- NOM-F-317 Determinación del pH.
- NOM-F-347 Determinación de pectina en frutas y derivados procesados.
- NOM-F-358 Análisis microbiológico de alimentos envasados.
- NOM-F-l44 Determinación de vacío en envases que contengan alimentos procesados.
- NOM-Z-12 Muestreo para inspección por atributos.
- NOM-F-255 Método de conteo de hongos y levaduras.
- NOM-F-254 Método de cuenta de organismos coliformes.
- NOM-F-151 Determinación de la consistencia en mermeladas.

Estas normas contienen todo lo referente a definiciones del producto, clasificación y denominación, disposiciones sanitarias, especificaciones, muestreo, métodos de prueba, etiquetado y marcado, envase, embalaje y almacenamiento. La violación de cualquiera de ellas provocaría problemas para la empresa.

Conclusiones del estudio técnico

Si se recuerda el objetivo planteado para esta segunda parte del proyecto, que era *demostrar que se domina la tecnología de producción y que no existe impedimento para elaborar el producto*, éste se ha alcanzado a través de todo el estudio técnico, ya que se conoce y domina con todo detalle la tecnología para elaborar mermelada de fresa.

Se llegó a la conclusión de que, tomando como base a los *equipos clave*, es posible elaborar 3.5 toneladas diarias de mermelada con un solo turno de trabajo de ocho horas y si se considera un año de 300 días laborables, entonces se estarían produciendo 1 050 toneladas anuales de producto, que representan de 12 a 15% de la demanda potencial insatisfecha cuantificada en el estudio de mercado.

El diseño de la planta y el proceso le otorgan gran flexibilidad de producción a la empresa. Puede triplicar su producción sin inversión adicional, con sólo incrementar los turnos de trabajo. Es posible aumentar aún más su producción pues se están previendo áreas de expansión en el terreno donde se ubicará la planta, aunque haya que hacer inversiones adicionales en activo fijo.

Por lo anterior, se recomienda realizar la parte final del estudio de factibilidad, que es el análisis económico y la evaluación económica, para observar si existe rentabilidad económica bajo las condiciones de operación que se han planteado hasta ahora.[27]

[27] El contenido del ejemplo que aparece en esta parte es producto del proyecto de investigación DEPI970185.

Preguntas y problemas

1. ¿Qué relación existe entre el estudio técnico y los estudios restantes del proyecto?
2. ¿En qué aspectos la selección del proceso productivo puede afectar la evaluación económica del proyecto?
3. Identifique los procesos productivos que se dan en el proyecto de un hospital, de una universidad y de una agencia de servicios automovilísticos.
4. Identifique las variables más importantes que se deben considerar al seleccionar el proceso productivo.
5. Defina una metodología de análisis, identificando las principales variables, para realizar el estudio técnico de los siguientes proyectos: *a*) creación de una escuela primaria particular; *b*) reapertura de un aeropuerto; *c*) creación de un hospital general, y *d*) apertura de una zona turística.

6. ¿Qué variables influyen principalmente en la determinación del programa de compra de materiales?
7. ¿Cuáles son las principales variables determinantes del tamaño de una planta?
8. Explique la relación que existe entre el tamaño y la distribución geográfica de la demanda de un producto.
9. ¿De qué manera el proceso tecnológico condiciona o limita el tamaño de un proyecto?
10. ¿Cómo es posible determinar conceptual y matemáticamente el tamaño óptimo de un proyecto?
11. Mencione las ventajas y desventajas de los métodos de localización, por puntos y de Vogel.
12. Describa los pasos metodológicos necesarios para aplicar los métodos de Vogel y por puntos.
13. ¿Cuáles son los supuestos en que está basado el método de Vogel?
14. Describa en qué consisten los diagramas de bloques y de flujo y el cursograma analítico.
15. Mencione cuáles son los principios y objetivos de la distribución de planta.
16. Identifique cuántos tipos de proceso existen y cuáles son sus características.
17. Explique en qué consiste la flexibilidad de un proceso productivo.
18. Mencione los factores que se deben tomar en cuenta para la adquisición de equipo y maquinaria.
19. Aplique el método SLP para realizar la distribución de las instalaciones de una escuela superior de química.
20. ¿En qué casos se recomienda el uso del diagrama de recorrido (*traveling chart*) para hacer una distribución de planta?
21. Analice el hecho de que cuando se realiza una distribución de planta siempre se obtiene una distribución óptima y no ideal.
22. ¿Qué elementos deben considerarse en la definición de una estructura de organización?
23. ¿De qué modo el análisis organizacional afecta la inversión inicial del proyecto?
24. Mencione por qué es importante conocer la legislación vigente del país y la localidad donde se desarrolla el proyecto.
25. De los siguientes productos y capacidades de producción:
    a) Vidrio plano transparente, 80 ton/día.
    b) Yogurt sin sabor, 160 000 envases/día, cada envase con un contenido de 125 g.
    c) Jugo de naranja, envasado y pasteurizado en envases tetra pack de 1 L, 75 000 L/día.
    d) Cubetas de plástico de tres diferentes colores, asa de metal, capacidad de cada cubeta de 18 L, 8 000 unidades/día.
    e) Jabón de baño perfumado de uso personal, en pastillas de 150 g, 200 000 unidades/día.
    f) Cualquier dulce regional, en unidades de 15 a 20 g, con envase primario de celofán transparente impreso, y luego envasado en cajas de cartón impresas, conteniendo entre 12 y 20 unidades cada caja, 200 000 unidades/día.

Realice las siguientes determinaciones:

- Consiga la tecnología de producción. Descríbala verbalmente y mediante un diagrama de flujo.
- Determine los turnos y días de la semana que se van a trabajar para lograr producir la cantidad señalada.
- Determine el tipo y capacidad de los equipos requeridos en cada proceso para elaborar las cantidades señaladas.
- A partir del grado de automatización que haya seleccionado para cada proceso productivo, determine la cantidad de mano de obra directa requerida en cada uno de ellos.
- Determine los métodos de transporte de materiales para cada proceso, desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto terminado a los vehículos repartidores del producto.
- Determine el área de terreno necesaria para llevar a cabo la producción planeada, previo cálculo de cada una de las áreas de la empresa, para cada producto, y también dependiendo de la decisión de construir algunas áreas en un segundo o tercer nivel.
- Determine la distribución de la planta.
- Demuestre de manera creativa que en la distribución de planta propuesta se han aplicado los cinco principios de distribución de planta de Muther.



Bibliografía

Ballou, R., *Logística. Administración de la cadena de suministro*, 5a. ed., Ed. Pearson Prentice Hall, Mexico, 2004.

Chase, Aquilano, *Administración de producción y operaciones*, 8a. ed., Ed. McGraw-Hill, Colombia, 2000.

Chase, R., Aquilano, N. y Jacobs, F., *Operations Management for Competitive Advantage*, 11a. ed., Ed. McGraw-Hill, EUA, 2006.

Chiavenato, I., *Administración de recursos humanos*, 5a. ed., Ed. McGraw-Hill, México, 2000.

Duffuaa, S. Raouf, A. Campbell, J., *Sistemas de mantenimiento. Planeación y control*, Ed. Limusa Wiley, México, 2000.

Gaither, N. y Frazier G., *Administración de producción y operaciones*, 4a. ed., Ed. International Thomson, México, 2000.

Hicks, P., *Ingeniería industrial y administración*, Ed. CECSA, México, 2001.

Niebel, B., *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 11a. ed., Ed. Alfaomega, México, 2004.

Sohal, A. y Howard, K., *Effective Operations Management*, 2a. ed., Ed. MCB University Press Limited, Inglaterra, 2005.

Velázquez, A., *Modelo de gestión de operaciones para las Pymes innovadoras*, Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 47, enero-abril, 2003.

Zandin, K., *Most Work Measurement Systems*, Ed. Marcel Dekker, EUA, 2003.