AAQ 7481

TRAB
IID2006
G7

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

Apuntes de la Asignatura "Fundamentos de Ingeniería Industrial"

REALIZADO POR:
Ing. Maximiliano Giunta

Caracas Octubre de 2006

Índice General

Índice General i
Índice de Figuras, Tablas y Gráficos iv
Prólogo 1
1. Orígenes de la Ingeniería Industrial 3
1.1.- La Revolución Agrícola 3
1.2.- La Revolución Industrial 3
1.3.- Los Precursores de la Ingeniería Industrial 6
1.3.1- Frederick Winslow Taylor (1856-1915) 6
1.3.2.- Frank Gilbreth (1868-1924) 7
1.3.3.- Lillian Moller Gilbreth (1878-1972) 8
1.4.- La Ingeniería Industrial en Venezuela 9
2. Perfil del Ingeniero Industrial de la UCAB 10
2.1.- Definición de Ingeniería Industrial 10
2.2.- Naturaleza del trabajo del Ingeniero Industrial 10
2.3.- Perfil del Egresado de Ingeniería Industrial 10
2.3.1.- Perfil Ocupacional del Ingeniero Industrial 10
2.3.2.- Perfil de Habilidades y Destrezas 12
2.3.4.- Perfil de Personalidad 12
2.3.5.- Valores y Actitudes 12
2.4.- El Programa de Estudios de Ingeniería Industrial en la UCAB 12
2.4.1.- Rendimiento del Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial 15
3. Introducción a la Ingeniería de Métodos 16
3.1.- Procedimientos Gráficos 16
3.1.1.- Definiciones: 16
3.2.- Diagrama de Operaciones de Procesos 17
3.2.1.- Elaboración del Diagrama de Operaciones de Procesos 17
3.2.2.- Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Procesos 18
3.3.- Diagrama de Flujo de Procesos 19
3.3.1.- Elaboración del Diagrama de Flujo de Proceso 19
3.3.2.- Ejemplo de Diagrama de Flujo de Procesos 19
4. Introducción a la Gerencia de Proyectos 21
4.1.- Definición de Proyecto 21
4.2.- Introducción a PERT – CPM 21
4.2.1.- Definiciones Generales 21
4.2.2.- Pasos Previos 22
4.2.3.- Observaciones Importantes 22
4.2.4.- Ejemplo de Red y su aplicación a la Gerencia del Proyectos 23
4.3.- Diagrama Gantt 23
4.3.1.- Elaboración del Diagrama Gannt 24
4.3.2.- Ejemplo de Diagrama Gannt 24
5. Introducción a la Manufactura en Ingeniería 25
5.1.- Definición de Manufactura 25
5.2.- Diseño en Ingeniería 25
5.2.1.- Definición de Diseño 25
5.2.2.- Etapas de Diseño 25
5.2.3.- Herramientas de Diseño en Ingeniería 26
5.3.- Materiales para la Manufactura 27
5.3.1.- Metales Ferrosos 27
5.3.2.- Metales no Ferrosos 27
5.3.2.- Materiales de Origen Orgánico 27
5.3.3.- Materiales no Metálicos de Origen Inorgánico 27
5.3.4.- Materiales Compuestos 28

5.4.- Procesos de Manufactura 28
5.4.1.- Operaciones de Procesamiento 28
5.4.2.- Operaciones de Ensamblaje 29
6. Introducción a la Ergonomía e Higiene y Seguridad Industrial 31
6.1- La Ergonomía 31
6.1.1- Definición de Ergonomía 31
6.1.2.- Objetivos de la Ergonomía 31
6.1.3.- Ciencias que Nutren a la Ergonomía 32
6.1.4.- Tipos de Problemas en Ergonomía 32
6.1.6.- El ergónomo 33
6.2.- La Higiene y Seguridad Industrial 34
6.2.1.- Definición de Higiene Industrial 34
6.2.2.- Ergonomía versus Higiene Industrial 34
6.2.3.- Funciones de la Higiene Industrial 34
6.2.4.- La Práctica de la Higiene Industrial 35
6.2.5.- El Higienista Industrial 35
6.2.6.- Clasificación de los Peligros 35
6.3- La Seguridad Industrial 36
6.3.1.- La Práctica de la Seguridad Industrial 37
6.3.2.- Causas de las Condiciones Inseguras en el Trabajo 37
7. Introducción a la Gestión de la Calidad 38
7.1.- Concepto de Calidad 38
7.2.- Herramientas para la Mejora de Procesos 38
7.3.- Diagrama de Pareto 39
7.3.1.- Pasos previos: 39
7.3.2.- Elaboración del Diagrama de Pareto 39
7.3.3.- Ejemplo de Diagrama de Pareto: 40
7.4.- Diagrama de Causa-Efecto 41
7.4.1.- Elaboración del Diagrama de Causa-Efecto. 41
7.4.2.- Ejemplo de Diagrama de Causa-Efecto: 42
8. Introducción a Sistemas de Producción y Diseño de Plantas 43
8.1.- Sistemas de Producción 43
8.1.1.- Relación Insumo-Transformación-Producto 43
8.1.2.- Ejemplo de Relaciones Insumo-Transformación-Producto: 44
8.1.3.- La Productividad 44
8.2.- Diseño de Plantas Industriales 45
8.2.1.- Ubicación de la Planta Industrial 45
8.2.2.- Distribución del Área de Trabajo 45
8.2.3.- Equipos de Manufactura utilizados en Plantas Industriales 46
8.2.3.- Manejo de Materiales 47
8.2.4.- Equipos para el Manejo de Materiales 47
9. Introducción a la Investigación de Operaciones y las Técnicas de Simulación 48
9.1.- Investigación de Operaciones (IO) 48
9.1.1.- Definición 48
9.1.2.- Aplicaciones 48
9.1.3.- Método de Resolución Gráfico de Programación Lineal 49
9.1.4.- Ejemplo de Solución Gráfica del Método de Programación Lineal 50
9.2.- Técnicas de Simulación 52
9.2.1.- Definición 52
9.2.2.- Áreas de Aplicación 52
9.2.3.- Simulación por Computadora 53
9.2.4.- Ventajas y Desventajas 53
10. La Gerencia Industrial 54
10.1 La Empresa 54
10.1.1 Clasificación de las Empresas 54
10.1.2.- Tipos de Empresas 54

10.1.3.- La Organización Empresarial 55
10.2.- Las Finanzas 56
10.3.- La Contabilidad 56
10.3.1.- El Balance General 56
10.3.2.- El Estado de Ganancias y Pérdidas 57
10.3.3.- El Libro Diario 57
10.4.- La Producción 58
10.5.- El Mercadeo y las Ventas 58
10.5.1.- La Oferta, la Demanda y los Precios 58
10.4.- Recursos Humanos 59
10.6.- El Entorno Empresarial: la Banca, el Estado y los Sindicatos 60
10.6.1.- El Estado 60
10.6.2.- Los Sindicatos 60
10.6.3.- La Banca 60
11. Asociaciones e Institutos 61
11.1.- Centro de Estudiantes de Ingeniería de la UCAB (CEI-UCAB) 61
11.1.1.- Origen 61
11.1.2.- Misión 61
11.1.3.- Objetivos Específicos 61
11.1.4.- Actividades 62
11.1.5.- Contactos 62
11.2.- Fundación Comité Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial (FCNEII) 62
11.2.1.- Misión 62
11.2.2.- Visión 62
11.2.3.- Objetivo General 62
11.2.4.- Objetivos Específicos 62
11.2.5.- Actividades 63
11.2.6.- Contactos 63
11.3.- Asociación Latinoamericana de Ingeniería Industrial y Afines (ALEIIAF) 63
11.3.1.- Origen 63
11.3.2.- Misión 63
11.3.3.- Visión 63
11.3.4.- Objetivos Específicos 63
11.3.5.- Actividades 64
11.3.6.- Contactos 64
11.4.- Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV) 64
11.4.1.- Origen 64
11.4.2.- Misión 64
11.4.3.- Visión 65
11.4.4.- Objetivos Específicos 65
11.4.5.- Congresos, Cursos y Seminarios: 65
11.4.6.- Fundaciones 65
11.4.7.- Sociedades 66
11.4.8.- Publicaciones 66
11.4.9.- Contactos 66
11.5.- Institute of Industrial Engineers (IIE) 67
11.5.1.- Origen 67
11.5.2.- Misión 67
11.5.3.- Visión 67
11.5.4.- Sociedades y Divisiones 67
11.5.5.- Conferencias y Seminarios 68
11.5.6.- Publicaciones 68
11.5.7.- Contactos 69
11.6.- Otras Asociaciones e Institutos 69
Bibliografía 71

Índice de Figuras y Tablas

FIGURAS

Fig. 1.1 Máquina Hiladora de Richard Arkwright (1771) 4
Fig. 1.2 Sistema de Bombeo de Thomas Newcomen (1705) 4
Fig. 1.3 Máquina de Vapor de Doble Acción de James Watt (1782) 5
Fig. 1.4 Frederick W. Taylor 6
Fig. 1.5 Frank Gilbreth 7
Fig. 1.6 Lillian Gilbreth 8
Fig. 1.7 La Familia Gilbreth y 11 de sus 12 hijos 9
Fig. 2.1 Plan de Estudios de Ingeniería Industrial UCAB – 2005 14
Fig. 3.1 Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Procesos para la elaboración de "Salsa Guasacaca" 18
Fig. 3.2 Diagrama de Flujo de Procesos para la Inscripción Administrativa en la UCAB 20
Fig. 4.1 Red del Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería 23
Fig. 4.2 Diagrama Gantt Conectado del Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería 24
Fig. 5.1 Recursos utilizados en el Proceso de Manufactura 25
Fig. 5.2 Etapas del Diseño en Ingeniería 26
Fig. 5.3 Procesos de Manufactura 28
Fig. 5.4 Algunas Operaciones de Formado por Maquinado: Taladrado, Torneado, y Fresado. 28
Fig. 5.5 Algunas Operaciones de Formado por Fundición: en Arena y Centrífuga 29
Fig. 5.6 Distintas Micro-estructuras del Acero por Tratamiento Térmico 29
Fig. 5.5 Algunos Ensambles Temporales: Apernado y por Ajuste a Presión. 30
Fig. 6.1 La Ergonomía 31
Fig. 6.2 Objetivos de la Ergonomía 32
Fig. 6.3 Ciencias que nutren a la Ergonomía 32
Fig. 7.1 Diagrama de Pareto de Quejas Emitidas por los Estudiantes sobre los Cafetines de la UCAB 41
Fig. 7.1 Diagrama Causa-Efecto sobre la Falta de Puestos de Estacionamiento en la UCAB 42
Fig. 8.1 Esquema de los Recursos Involucrados en la Dirección de Operaciones 43
Fig. 8.2 Tipos de Distribución del Área de Trabajo 46
Fig. 9.1 Solución Gráfica del Problema de Programación Lineal de la Selección de Bloques de Trabajo 51
Fig. 10.1: Ejemplo de Organigramas: de una empresa de manufactura y de un banco comercial 55
Fig. 10.2: Ciclos Financieros de Producción: de Recuperación de Capital y de Operación de la Empresa. 58
Fig. 10.3 La Oferta, la Demanda y el Precio de Equilibrio. 59
Fig. 10.4 La Función Intermediaria de las Instituciones Financieras. 60

TABLAS

Tabla 1.1: Principales Inventos Desarrollados durante la Revolución Industrial 5
Tabla 4.1: Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería 23
Tabla 6.1: Peligro de Agentes Químicos, Biológicos y Físicos. 36
Tabla 7.1: Tipo, Frecuencia y Porcentaje respecto al Total de Quejas Emitidas por los Estudiantes 40
Tabla 8.1: Relaciones Insumo-Transformación-Producto de Sistemas Típicos 44
Tabla 5.1: Ejemplos Empresariales del Impacto de la IO 49
Tabla 9.1: Resumen de los Datos para el Problema de la selección de Bloques de Trabajo 50
Tabla 9.2: Áreas de Aplicación de la Simulación por Computadora 52
Tabla 9.3: Ventajas y Desventajas de la Simulación por Computadora 53

Prólogo

La ingeniería industrial como profesión ha evolucionado considerablemente desde su nacimiento, a principios del siglo XX, hasta nuestros días. El efecto de las nuevas tecnologías, la globalización y los nuevos paradigmas de la ecología, la productividad y la competitividad han hecho que los sistemas industriales sean, hoy en día, irreconocibles desde la perspectiva de la ingeniería industrial de hace apenas unas pocas décadas atrás.

El documento que se expone a continuación es una recopilación de los apuntes que he realizado como profesor de la asignatura fundamentos de ingeniería industrial, cuyo objetivo es, como se indica en el contenido programático de la materia, el de:

> "Dar a conocer al estudiante de Ingeniería Industrial las funciones, competencias y campos de trabajo específicos de su carrera, con el fin de estimularlo a que planifique su desarrollo de carrera...", buscando "...que el estudiante adquiera las herramientas, razonamiento básico y espíritu emprendedor propios del Ingeniero Industrial de la UCAB desde temprano en la carrera"[1].

Teniendo la materia una importancia fundamental en el desarrollo de la carrera del estudiante ya que es la primera oportunidad en la que éste se enfrentará a los conceptos de lo que será su futura profesión, se espera que este documento sirva para que el alumno se haga una clara imagen de la carrera, de sus fortalezas y debilidades, y de lo acertado o no de seguir en ésta.

La información contenida en el documento, que proviene de fuentes bibliográficas, clases de otros profesores y páginas de Internet, ha sido adaptada a los estudiantes de los primeros cuatro semestres de la carrera de ingeniería industrial, quienes desconocen por completo la terminología de la profesión y que tendrán, más adelante, la oportunidad de aprender en cada una de las materias respectivas los conceptos que aquí se mencionan sólo con la profundidad requerida.

El documento está dividido en once capítulos que representan, cada uno, una sesión de clase de la materia; que unido a las dinámicas desarrolladas en los anexos cubren por completo el contenido de la asignatura. Partiendo del nacimiento de la ingeniería industrial se hace un recorrido por las principales asignaturas de la carrera, incluyendo áreas de conocimiento básicas del ingeniero industrial como son la ingeniería de métodos y los sistemas de producción, por solo mencionar dos, hasta alcanzar las últimas tendencias de la profesión, como son la ergonomía y las técnicas de simulación. También se incluyen temas relacionados con la profesión aunque no directamente vinculados con el pensum de estudio, como son las distintas asociaciones e institutos profesionales que agrupan a las diversas especialidades de la carrera.

[1] Plan de Estudios de Ingeniería Industrial, Universidad Católica Andrés Bello, 2002, pag. 32.

Una definición informal de la ingeniería industrial es aquella que establece que ésta no es más que "sentido común aplicado sistemáticamente". En este documento se enseñan herramientas basadas en el sentido común relacionadas directamente con el ejercicio de la ingeniería industrial, que son asequibles a los conocimientos de los estudiantes de los primeros semestres de la carrera. Por esta razón se utilizan ejemplos sacados de la vida diaria de los alumnos que se adaptan sus paradigmas, evitando complicaciones innecesarias que no agregarían ningún valor a los objetivos de la asignatura.

Es indudable que mi visión del ingeniero industrial se ha plasmado en este documento, hubiese sido imposible evitarlo; sin embargo, espero que pueda servir de inspiración a aquellos que se inician en el estudio de la profesión para que comprendan lo diversa, práctica y hermosa que es la ingeniería industrial, su pasado, presente y futuro, y el impacto que puede tener ésta en las vidas de las personas, la sociedad y hasta en la humanidad.

El Autor

1. Orígenes de la Ingeniería Industrial

Necesariamente la historia del nacimiento y desarrollo de la ingeniería industrial como profesión comienza con un breve resumen de la revolución industrial; sin embargo, es necesario retroceder un poco más en el tiempo con la finalidad de entender lo que significó esta era de diversos e importantes cambios en la historia de la humanidad.

1.1.- La Revolución Agrícola

Hace unos doscientos mil años, el homo-sapiens –nuestra especie- vivía como nómada, trasladándose según las estaciones del año debido a sus principales fuentes de alimentación, la recolección y la cacería. Las tecnologías existentes para la época eran las herramientas de piedra y hueso, que se utilizaban para la caza y la elaboración de vestimentas con pieles de animales. Ya el hombre había descubierto el fuego, que lo utilizaba para alejar animales indeseados, e inclusive, la cocción de algunos alimentos. Nuestra vida social giraba en torno a la naturaleza, ya que básicamente éramos hombres cavernícolas.

Unos diez mil años antes del presente –aproximadamente-, el hombre descubrió la agricultura y abandonó el nomadismo, asentándose en pequeñas poblaciones. Al darse cuenta que podía producir y controlar la obtención de frutos de la tierra comenzó a domesticar animales para la compañía y protección del hogar (como el lobo salvaje), su alimentación (como gallinas o cabras), transporte (caballos) y ayuda en el trabajo pesado (como bueyes para el arado). La práctica de la agricultura, la domesticación de animales y la consecuente estabilidad de los asentamientos, favorecieron la aparición de la alfarería, la fabricación de utensilios y la búsqueda de mejoras en los métodos de cultivo.

Con el uso de la fuerza animal, la producción agrícola se incrementó y los excedentes permitieron liberar del trabajo de la tierra a una mano de obra que se volcó en labores artesanales y la prestación de servicios. Esto no varió significativamente hasta la Inglaterra del siglo XVII, que mantenía intercambio de mercancías con el resto de Europa y cuyas actividades económicas más importantes para la época eran las hilanderías y las minas de carbón, siendo sus formas de producción netamente artesanales y bastante ineficientes a pesar del auge comercial existente.

1.2.- La Revolución Industrial

La revolución industrial introdujo por primera vez a las máquinas en distintas actividades productivas, y fue consecuencia del desarrollo de las ciencias durante el renacimiento. En 1769 el inventor inglés Richard Arkwright patentó una máquina hiladora movida por agua (ver figura 1.1) que permitió abaratar los costos de producción, haciendo las vestimentas accesibles al hombre

común. Las telas de algodón utilizadas en las nuevas fábricas se podían lavar con mayor facilidad y frecuencia, lo que generó un impacto importante en la higiene personal y la salud pública.

En 1705 el inglés Thomas Newcomen fabricó una máquina a vapor que podía emplearse para extraer el agua depositada en el fondo de las minas de carbón (ver figura 1.2), producto de filtraciones naturales. La técnica comúnmente utilizada para afrontar el problema consistía en recoger el agua subterránea en baldes sujetos por cuerdas que eran halados por caballos hasta la superficie, pero este proceso era lento e insalubre, debido al excremento de los animales y por el fango producido por el agua. El sistema de bombeo de Newcomen representó un avance para mejorar la productividad y la eficiencia de las operaciones en las minas; sin embargo, era una máquina ineficiente energéticamente, cuyo uso no resultaba factible en otros procesos productivos.

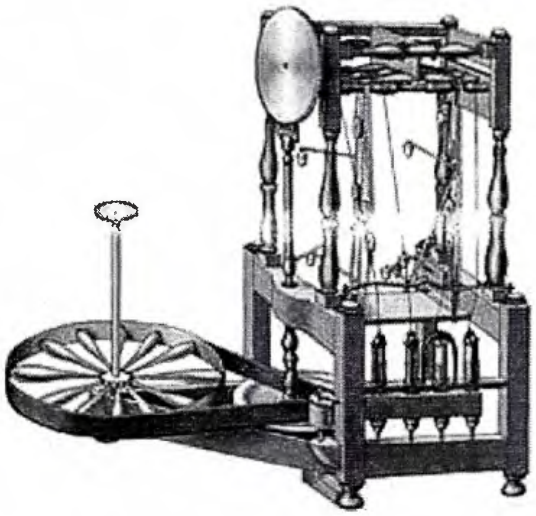


Fig. 1.1 Máquina Hiladora de Richard Arkwright (1771)

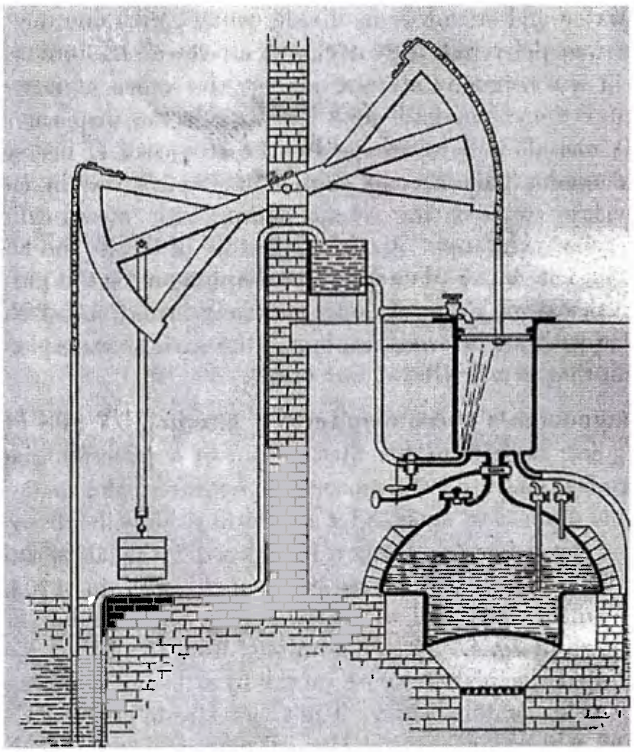


Fig. 1.2 Sistema de Bombeo de Thomas Newcomen (1705)

En 1769 el escocés James Watt patentó la máquina de vapor a partir de la mejora de una de las máquinas de Newcomen. Watt introdujo una cámara de condensación separada y una bomba de aire para llevar vapor a la cámara, bajo el principio de diseño de que los elementos constitutivos de la máquina debían tener cierto aislamiento entre sí. Estos cambios hicieron que la máquina de vapor consumiese menos combustible que la de Newcomen, por lo que fue incorporada con éxito a otros procesos productivos.

En 1782, Watt patentó una nueva máquina de vapor de doble acción con mayor eficiencia y potencia que sus predecesoras (ver figura 1.3), dándole un mayor impulso a la productividad de las industrias.

Los aportes pioneros de Arkwright, Newcomen y Watt son ejemplo de la actividad creativa de la época por la búsqueda de tecnologías para aumentar la capacidad de producción de las fábricas. Estas primeras innovaciones fueron un claro signo de la avalancha de cambios tecnológicos que se aproximaba y que fueron el basamento de la Revolución Industrial, indicados en la tabla 1.1.

La revolución industrial también trajo consigo cambios en los patrones sociales. La mayoría de la población rural migró a las ciudades para trabajar en fábricas insalubres e inseguras, con baja paga y largas horas de jornada, donde a las mujeres y niños se les contrataba aún por menos para hacer el mismo trabajo. Sin embargo, hubo un incremento en el número de la población debido a mejoras en la alimentación y la salubridad pública. También hubo cambios considerables en el arte, la literatura, la música, la arquitectura, la guerra y hasta en la forma en que el hombre entendía la vida misma.

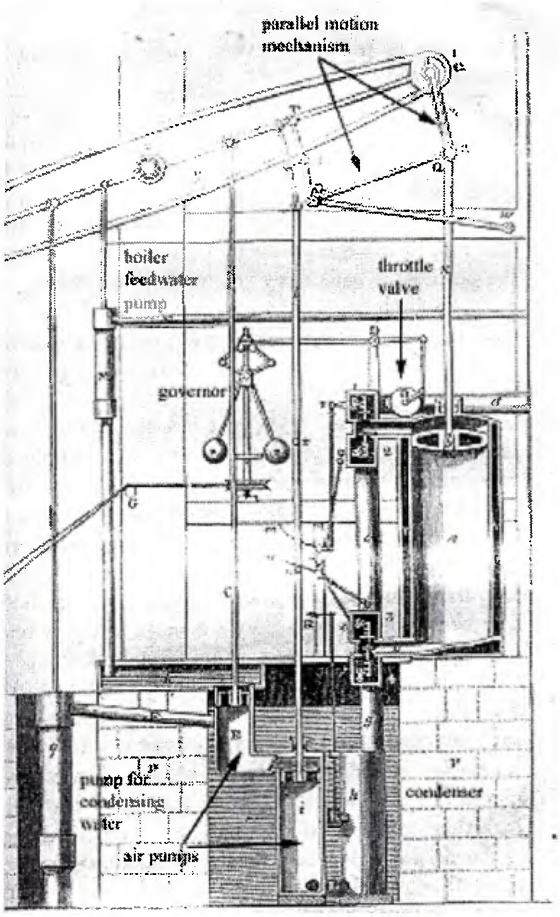


Fig. 1.3 Máquina de Vapor de Doble Acción de James Watt (1782)

Tabla 1.1: Principales Inventos Desarrollados durante la Revolución Industrial

Año	Invento	Inventor
1705	Máquina Atmosférica de Vapor	Thomas Newcomen
1765	Máquina Hiladora Movida por Agua	Richard Arkwright
1769	Máquina de Vapor con Condensador Separado	James Watt
1782	Máquina de Vapor de Doble Acción (Rotativa)	James Watt
1783	Proceso para hacer Hierro Forjado y Laminado	Henry Cort
1787	Telar con potencia Mecánica	Edmun Cartwright
1825	Tracción por Locomotora	Richard Trevithick
1831	Producción Mecánica de Electricidad	Michael Faraday
1859	Motor de Combustión Interna	Étienne Lenoir
1884	Motor Liviano a Gasolina	Gottlieb Daimler
1908	Línea de Ensamblaje	Henry Ford

1.3.- Los Precursores de la Ingeniería Industrial

Si existe un tiempo o fecha para la concepción de esta nueva profesión, y si la ingeniería industrial es considerada como la aplicación de las ciencias al diseño del trabajo y a los sistemas productivos, entonces la década de 1880 puede ser establecida como su punto de inicio.

1.3.1- Frederick Winslow Taylor (1856-1915)

Fig. 1.4 Frederick W. Taylor

Fue un Ingeniero Mecánico que dedicó su carrera profesional al estudio del corte de metales, actividad que le tomó más de 20 años. El mismo año que comenzó estos estudios (1881), Taylor utilizó un cronómetro para determinar el rendimiento adecuado para cada trabajo, después de analizar y definir sus tareas.

En 1898 se dedicó a estudiar con detenimiento y en forma sistemática la tarea de palear, es decir, el acto de usar una pala para trasladar material de un lugar a otro. Taylor determinó el peso correcto que podía palear un obrero promedio, las mejores posiciones y movimientos para que el obrero realizase el trabajo con menos fatiga y el tamaño y la forma de la pala dependiendo del material a palear. Taylor logró un mejor método del trabajo, aplicando el análisis científico a una operación industrial.

A partir de los experimentos en el corte de metales, la búsqueda de medios para el logro de estándares de trabajo, y sus observaciones a las prácticas gerenciales, Taylor formuló lo que él denominó los "*Principios de la Gerencia Científica*":

1. La gerencia debe desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo de un obrero, con la finalidad de reemplazar el juicio o criterio personal.
2. La gerencia debe científicamente seleccionar y entrenar, instruir y desarrollar al trabajador.
3. La gerencia debe cooperar intensamente con los trabajadores para asegurar que todo el trabajo realizado esté en concordancia con los principios científicos con los que fue desarrollado.
4. Debe haber una división casi igual del trabajo y de la responsabilidad entre la gerencia y los trabajadores. La gerencia debe realizar todo aquel trabajo para la que está mejor preparada que el obrero, y no dejarle toda la responsabilidad a éste.

Sus ideas sobre el trabajo de los obreros fueron duramente criticados por los sindicatos de su época, sin embargo estaban muy adelantadas para la época. Él creía que cada trabajador debía tener la oportunidad de progresar tanto y tan rápido como pudiese en su trabajo. También creía

que los trabajadores debían tener el derecho a incentivos de un 25% por encima de su sueldo, cuando su rendimiento fuese superior al promedio, sin que conllevase un incremento de la fatiga.

Taylor expresó que no fue él el único que originó el movimiento de la gerencia científica; de hecho dijo que sus ideas no eran nuevas para la época y que habían sido recolectadas de diversas fuentes. Esto puede ser verdad, sin embargo nadie antes de Taylor concibió los procedimientos para determinar cómo debía ser realizado el trabajo y cuáles debían ser los resultados esperados; fue su desarrollo sistemático para la mejora en los métodos de trabajo que eventualmente impulsaron el nacimiento de una nueva profesión: la Ingeniería Industrial.

1.3.2.- Frank Gilbreth (1868-1924)

Fig. 1.5 Frank Gilbreth

Frank Gilbreth planeó asistir al Massachussets Institute of Technology (MIT), pero tuvo que trabajar desde muy joven debido a la muerte de su padre. Comenzó como aprendiz de albañil a los diecisiete años de edad, inició su propio negocio de construcción a los veintiséis, y fue uno de los más reconocidos contratistas de la construcción en el mundo, con oficinas en Londres y Nueva York. Una de las razones de su éxito fue la velocidad para construir con rapidez.

En 1885, durante su primer día de trabajo como aprendiz, Gilbreth se dio cuenta que el albañil asignado para instruirlo hacía su trabajo de tres formas distintas: trabajando rutinariamente, trabajando con rapidez, y enseñándole a otro como hacer el trabajo. Gilbreth, al igual que Taylor, sentía que debía existir un único método estándar, establecido científicamente y ordenado por la gerencia, en vez de un método individual a juicio de cada trabajador.

Gilbreth analizó en detalle cada uno de los elementos que componían la tarea de colocar ladrillos, y eliminó los movimientos innecesarios de dieciocho a cuatro y medio para colocar un ladrillo (el medio movimiento se lograba quitando el cemento sobrante de dos ladrillos a la vez). También diseñó un andamio de altura variable que permitía al obrero estar al nivel de la pared que estaba construyendo, y tener a su disposición los ladrillos y el cemento, facilitando el trabajo y logrando un mayor rendimiento. Con estas mejorías logró que un obrero colocase 350 ladrillos por hora, en vez de 120, que era lo normal.

Como producto de su análisis del trabajo, Gilbreth elaboró el concepto de "Unidad de Felicidad" que se refería al tiempo libre obtenido por los trabajadores al realizar su trabajo de manera más eficiente en menos tiempo. Gilbreth creía que todo trabajador debía sentirse feliz con su trabajo así como en su tiempo libre, y que esto se podía lograr mediante la gerencia científica, por eso su insistencia en estudiar el trabajo de los obreros midiendo tiempos y movimientos.

En 1911 Gilbreth publicó el libro "*Estudio de Movimientos*" en el que describía las tres variables involucradas en cualquier trabajo:

- Variables del trabajador: relativas a la psicología y fisiología del obrero.
- Variables del entorno: correspondientes a la ergonomía y la higiene industrial.
- Variables de movimiento: sobre la cual se centraron sus estudios y relativas a las actividades realizadas por el trabajador en el entorno de trabajo.

Gilbreth dividió los movimientos del trabajador industrial en dieciocho elementos básicos que denominó "therbligs" (su apellido deletreado al revés); a partir de los therbligs se podría describir cualquier trabajo posible. En el estudio de los therbligs se utilizó por primera vez cámaras para capturar imágenes, una nueva aproximación al análisis científico del trabajo. Gilbreth también diseño los diagramas de flujo de procesos, en los cuales todas las actividades a ser realizadas en cualquier trabajo se podían dividir en cuatro tipos: operación, transporte, almacenaje e inspección. Estos diagramas todavía se utilizan hoy en día para la visualización, diseño y mejora de procesos industriales.

1.3.3.- Lillian Moller Gilbreth (1878-1972)

Fig. 1.6 Lillian Gilbreth

Su vida abarcó el nacimiento, desarrollo y madurez de la ingeniería industrial como profesión. Lillian Gilbreth obtuvo la licenciatura y maestría en artes en la Universidad de California y recibió un título de doctorado en psicología de la Universidad Brown, y fue junto con Frederick Taylor y su esposo Frank uno de los pioneros del movimiento de la gerencia científica, dedicando su vida a la promoción de sus conceptos después de la muerte de éstos.

Ella aportó a la profesión de la ingeniería la importancia de las relaciones humanas. Frank y Lillian trabajaron como equipo, y aunque el primer libro de Frank Gilbreth "*Tiempos y Movimientos*" se publicó únicamente con su nombre, todas las publicaciones subsecuentes reconocen su participación. Su hijo, Frank Gilbreth Jr., coautor del libro "*Cheaper by the Dozen*", escribió que su padre y madre fueron socios cercanos en todo el trabajo gerencial científico realizado después de su matrimonio.

Aunque al principio de su carrera no se le permitía asistir a reuniones de ingenieros por ser mujer, posteriormente fue reconocida por su contribución al campo de la teoría y práctica gerencial. Fue conocida como la "Primera Dama de la Ingeniería" y la "Primera Embajadora de la Gerencia" convirtiéndose en miembro honorario de la Sociedad Americana de Ingeniería Mecánica (ASME, por sus siglas en inglés) y miembro asociado y honorario del Instituto Americano de Ingenieros Industriales (hoy conocido como IIE, por sus siglas en inglés). Lillian rechazó la condecoración femenina del Tau-Beta-Pi porque los estudiantes de ingeniería de aquella época excluían a las

mujeres como miembros, ayudando sin duda a remediar esta situación. Fue la primera mujer en recibir la medalla Hoover, un premio patrocinado por la ASME, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, y el Instituto de Ingenieros de Minas, Metalurgia y Petróleo; y la primera mujer en ser electa por la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos.

Después de la muerte de su esposo en 1924 Lillian Gilbreth eligió representarlo y presidir el Congreso de Gerencia Científica en Praga. Posteriormente, como representante del IIE en el Congreso de Progreso Internacional de la Gerencia, asistió a asambleas en Atenas, París, Ciudad de México y Rótterdam. En 1912 y 1913 su disertación doctoral denominada "La Sicología de la Gerencia" fue publicada por capítulos en la revista "Ingeniero Industrial" del Instituto Americano de Ingenieros Industriales.

Fig. 1.7 La Familia Gilbreth y 11 de sus 12 hijos.

1.4.- La Ingeniería Industrial en Venezuela

La profesión de la ingeniería se puede trazar en Venezuela hasta la época de la colonia, sin embargo no es sino hasta 1893 cuando se crea la Escuela Nacional de Ingeniería, perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Central de Venezuela (UCV), que incorpora las carreras de Ingeniería Civil y Arquitectura. En 1944 se crea en esta casa de estudios la primera Escuela de Ingeniería Industrial fundada en el país, sin embargo en 1947, y sin haber graduado ningún estudiante, desaparece del esquema organizativo de la UCV. En 1958 se funda la Universidad de Carabobo en la ciudad de Valencia, incorporando a la Ingeniería Industrial dentro una de sus facultades, especialidad que se mantiene hasta la fecha en dicha casa de estudios.

La Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) se funda el 24 de octubre de 1953 por la Compañía de Jesús, con las facultades de Derecho e Ingeniería Civil. En el año 1959 se incorpora la carrera de Ingeniería Industrial gracias a la iniciativa de los doctores Santiago Vera Izquierdo, Alfredo Anzola Montauban y Blas Lamberti, bajo el nombre de "Ingeniería de Ciencias Técnicas Industriales", con el objeto de contribuir al desarrollo de industrialización del país, tomándose como referencia para la elaboración del programa de estudios a L'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de París, Francia.

En la actualidad la carrera de ingeniería industrial se dicta en 38 localidades distintas de 19 universidades públicas y privadas de todo el país, teniendo la UCAB la carrera en sus sedes de Caracas y Ciudad Guayana (Estado Bolívar).

2. Perfil del Ingeniero Industrial de la UCAB

Desde su fundación en 1959 la escuela de Ingeniería Industrial de la UCAB se ha adaptado regularmente a las nuevas tendencias de la profesión, en función de las necesidades del país y de sus egresados, describiéndose en las siguientes páginas el plan de estudios vigente a partir del año 2005.

2.1.- Definición de Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial es aquella área del conocimiento humano que forma profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar eficientemente organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios.

Otra definición mucho más corta y concisa es "*la Ingeniería de la eficiencia, la productividad y la calidad*".

2.2.- Naturaleza del trabajo del Ingeniero Industrial

Las funciones del Ingeniero Industrial se centran en la creación, previsión, estudio y análisis de los diferentes métodos, normas y procedimientos de operación y funcionamiento de sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios, e introduce las modificaciones que sean necesarias para asegurar el máximo rendimiento en la utilización de la mano de obra, materiales, equipos y demás instalaciones a través de la aplicación de las más recientes técnicas de análisis y mejoramiento de las operaciones.

2.3.- Perfil del Egresado de Ingeniería Industrial

Una definición primaria del perfil ocupacional de Ingeniero Industrial es "profesional capacitado para trabajar en empresas con o sin fines de lucro, haciendo uso eficiente de los recursos disponibles, en niveles incrementales de eficiencia, para el alcance de los objetivos de la misma".

Una segunda definición un tanto más detallada, es alcanzada en el proyecto de acreditación de carrera, que estructura el perfil en cuatro dimensiones:

- **Perfil ocupacional del egresado en Ingeniería Industrial,**
- **Perfil de habilidades y destrezas,**
- **Perfil de personalidad, y**
- **Valores y Actitudes**

2.3.1.- Perfil Ocupacional del Ingeniero Industrial

El perfil ocupacional del egresado en Ingeniería Industrial viene dado en tres grandes campos de acción, como lo son:

- **Operaciones de Producción:**

(a) **Planificación**: establecimiento de metas y formulación de planes en la producción de bienes y servicios, planificación de requerimientos en sistemas de producción, formulación de planes de mantenimiento en sistemas de producción.

(b) **Organización**: logística de operaciones, cadena de suministros, manejo de materiales, distribución en plantas, política de inventario, sistemas de manufactura.

(c) **Programación**: programación de la producción, secuencia de trabajos, programación de mantenimiento

(d) **Evaluación**: medición del trabajo, supervisión de personal, análisis de operaciones.

(e) **Control**: control de materia prima, control de inventario, control de costo de producción, control estadístico de proceso, control de producto terminado, verificación de especificaciones de trabajo, inspección de condiciones de seguridad.

(f) **Diseño**: mejoras de métodos actuales de trabajo, diseño de nuevos métodos de trabajo, diseño de nuevos dispositivos auxiliares de trabajo.

- **Gerencia y Proyectos**

(a) **Formulación y ejecución de proyectos**: estudios de factibilidad económica, estudios de capacidad, localización de plantas industriales, estudio de mercadeo, estudios de comercialización, proyecto de equipamiento, estudio de ingeniería financiera, proyecto de desarrollo social.

(b) **Gerencia de sistemas y procesos**: dirección de unidades organizacionales, formación y desarrollo de planes estratégicos, caracterización y desarrollo de sistemas e información gerencial, caracterización y desarrollo de sistemas gerenciales de decisión, gestión de los recursos humanos, selección, adiestramiento, evaluación de cargos, establecimientos de incentivos, gestión de programas de calidad total, desarrollo y gestión de programas de reingeniería de negocios, desarrollo de gestión de programas de desarrollo organizacional.

- **Modelado de Sistemas**

(a) **Adaptación**: uso de modelos cuantitativos conocidos para resolver problemas de variada naturaleza, minimización de los costos de política de inventario, producción y mantenimiento, optimización de la fuerza de trabajo o de un flotilla de vehículos, determinación del número óptimo de canales de servicios en un sistema de colas, asignación óptima de recursos estratégicos.

(b) **Desarrollo**: construcción y usos de nuevos modelos, cuantitativos o de simulación para el análisis y solución de problemas complejos, optimización del rendimiento de un proceso, programación de rutas, optimización de redes, programación de actividades bajo restricciones, determinación de la capacidad de un proceso para satisfacer un determinado nivel de servicio, diseño de una ruta de distribución, optimización en sistemas de transporte público, diseño y desarrollo de aplicaciones computarizadas para el manejo sistemático de información, sistemas de información gerencial, sistemas de información para producción, mantenimiento y control de calidad

2.3.2.- Perfil de Habilidades y Destrezas

(a) Atención
(b) Ingenioso y creativo
(c) Capacidad crítica
(d) Innovador
(e) Destrezas en el análisis de procesos de trabajo
(f) Habilidades para establecer relaciones cualitativas y cuantitativas
(g) Destrezas en el análisis de situaciones
(h) Organizativo
(i) Habilidad manual
(j) Percepción de detalles
(k) Habilidades para comunicarse
(l) Razonamiento abstracto
(m) Observación
(n) Visualización de relaciones espaciales

2.3.4.- Perfil de Personalidad

(a) Autocrítico
(b) Honesto
(c) Capacidad de adaptación
(d) Iniciativa en el trabajo
(e) Capacidad de aprendizaje
(f) Integrador de información
(g) Comprometido con la organización.
(h) Líder
(i) Cooperador
(j) Perseverante
(k) Creativo
(l) Responsable
(m) Disciplinado
(n) Sociable

2.3.5.- Valores y Actitudes

(a) Autoformación
(b) Respeto por las opiniones ajenas
(c) Democrático
(d) Responsable
(e) Ética profesional
(f) Sensibilidad social
(g) Mejoramiento de la calidad de vida.
(h) Sentido crítico
(i) Nacionalismo
(j) Sociabilidad
(k) Preservación del ambiente y de los recursos naturales
(l) Respeto por las normas de convivencia y compañerismo

2.4.- El Programa de Estudios de Ingeniería Industrial en la UCAB

Con la finalidad de formar al Ingeniero Industrial de la UCAB se establece el plan de estudios de la carrera (ver figura 2.1) que está compuesto por cuatro grupos de materias fácilmente identificables:

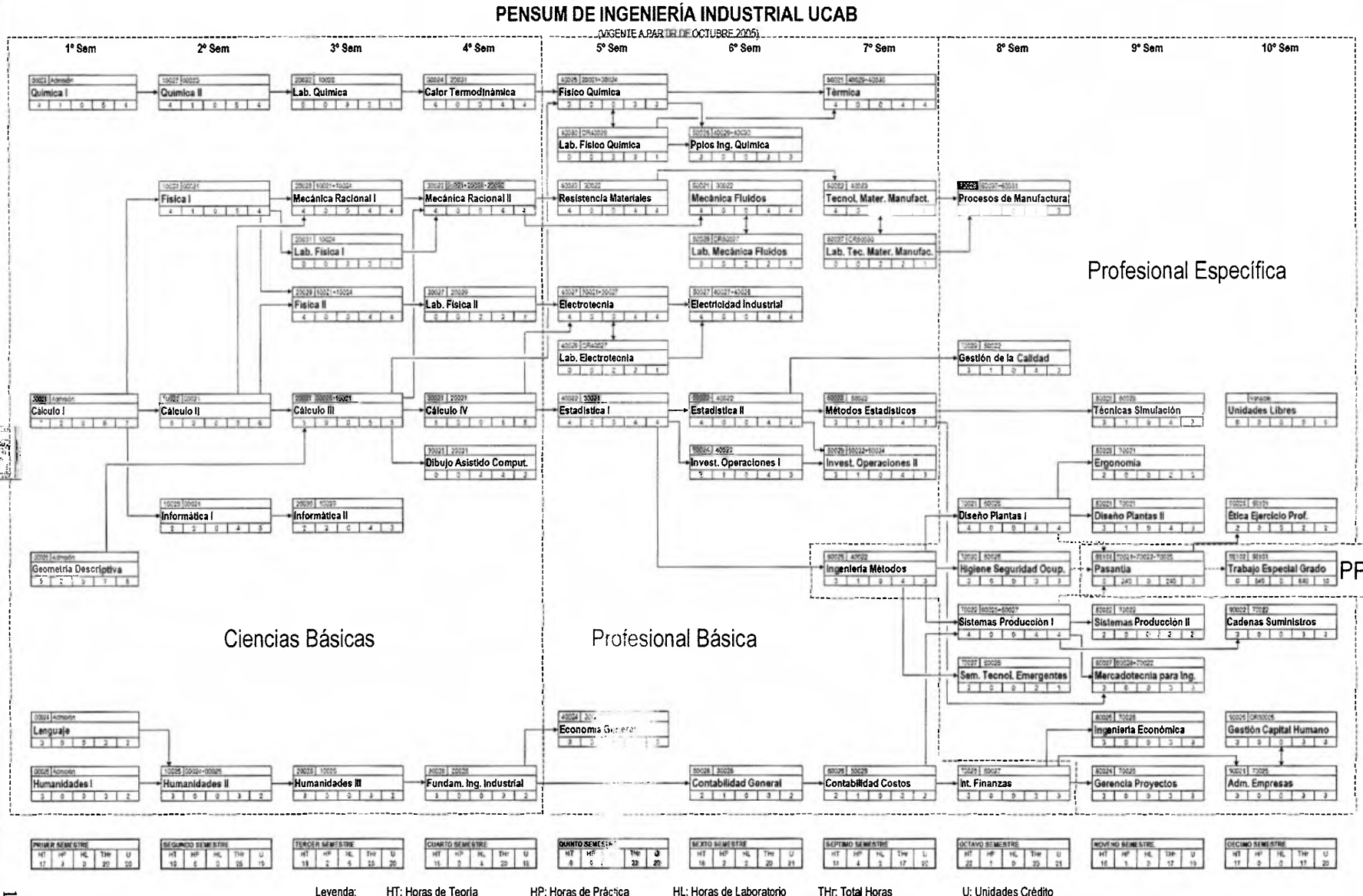
- **Ciencias Básicas**: abarca los primeros cuatro semestres de la carrera y agrupa las materias de formación en las ciencias básicas de la ingeniería, como son: cálculo, química, física y geometría. Estas materias conforman la base de conocimiento para el resto de la carrera. Dentro de este grupo también se incluyen las materias de formación general como son informática, lenguaje, y humanidades.

- **Profesional Básica**: incluye aquellas materias del quinto al séptimo semestre de la carrera relacionadas con la ingeniería industrial pero que pertenecen a otras ramas del conocimiento, como son: ingeniería química, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería de materiales, economía, contabilidad, finanzas, y estadística. Estos conocimientos son necesarios para el ingeniero industrial porque le permiten comprender gran diversidad de procesos industriales, además de ser los fundamentos de varias materias relacionadas directamente con la profesión.

- **Profesional Específica**: abarca los tres últimos semestres de la carrera y agrupa aquellas materias directamente relacionadas con el ejercicio de la profesión de la ingeniería industrial, e incluye a las asignaturas: ingeniería de métodos, sistemas de producción, diseño de plantas, gestión de calidad, procesos de manufactura, gerencia de proyectos, ergonomía, técnicas de simulación, ingeniería económica y cadena de suministros, así como tres materias electivas equivalentes a nueve unidades crédito de libre elección para los estrudiantes.

- **Práctica Profesional (PP)**: la pasantía y el trabajo especial de grado (denominado comúnmente tesis) son actividades de campo realizadas individualmente o en pareja hacia el final de la carrera, cuyo objetivo es el de enfrentar al estudiante a problemas reales relacionados con el ejercicio de la profesión. La pasantía tiene una duración de seis semanas a jornada completa y se realiza normalmente en el periodo de verano (agosto – septiembre); sin embargo, también se puede realizar a tiempo parcial durante un semestre regular de clases, mientras se cursan otras materias. Por otro lado, el trabajo especial de grado tiene una duración mínima de cuatro meses y se realiza normalmente durante los últimos dos semestres de la carrera. Éste se inicia una vez autorizada la carta de solicitud de trabajo especial de grado, en la que un comité conformado por profesores y representantes estudiantiles analizan el tema a estudiar y aprueban al tutor guía propuesto (normalmente un ingeniero con varios años de experiencia).

Fig. 2.1 Plan de Estudios de Ingeniería Industrial UCAB – 2005.



2.4.1.- Rendimiento del Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial

El rendimiento estudiantil del egresado de la carrera de ingeniería industrial se mide por el desempeño durante su estudios, basándose en los indicadores de "Promedio de Notas" y "Puesto y Rango" dentro de su promoción. La carta del egresado contiene estos dos valores y es utilizada por empresas e instituciones educativas de cuarto nivel (post-grado) como parámetro de referencia al momento de comparar entre distintos profesionales.

El "Promedio de Notas" (PN) es un promedio ponderado por unidad crédito (UC) que se establece a partir de las materias aprobadas en toda la carrera (no incluye materias reprobadas o retiradas), y se calcula según la ecuación [2.1].

$$PN = \frac{\sum UC_i * Nota_i}{\sum UC_i} \qquad \text{[Ec. 2.1]}$$

Donde:

PN: Promedio de Notas.

UC_i: unidades crédito de la materia *i*.

$Nota_i$: nota obtenida en la materia aprobada *i*.

El "Puesto y Rango" de la promoción es una lista que se realiza sobre cada cohorte semestral de egresados de la carrera, ordenada descendentemente por un valor denominado "Promedio-Eficiencia" (PE), que mide el rendimiento de cada uno de los egresados. El valor de "Promedio-Eficiencia" de cada alumno se calcula según la ecuación [2.2]:

$$PE = PN * Eficiencia \qquad \text{[Ec. 2.2]}$$

Donde:

PE: Promedio Eficiencia.

PN: Promedio de Notas.

Eficiencia: mide la efectividad de aprobar las materias según sus unidades crédito y se calcula por la ecuación [2.3].

$$Eficiencia = \frac{\sum UC_{APROBADAS}}{\sum UC_{CURSADAS}} \qquad \text{[Ec. 2.3]}$$

El primero de la lista de "Puesto y Rango" con el mayor "Promedio-Eficiencia" se considera el "número uno de su promoción", el segundo el "número dos", y así sucesivamente hasta llegar al último egresado de la cohorte. Mientras mejores sean los valores de "Promedio de Notas" y "Puesto y Rango", más alta será la apreciación de empresas e instituciones de cuarto nivel del profesional egresado de la carrera.

3. Introducción a la Ingeniería de Métodos

La persona considerada como el padre de la dirección científica y la Ingeniería Industrial es Frederick W. Taylor (1856-1915), un ingeniero mecánico que al principio de su carrera -en la industria del acero- inició investigaciones sobre los mejores métodos de trabajo: analizó las operaciones que componen el trabajo, eliminó o mejoró algunas de estas operaciones, y, utilizando un cronómetro, determinó la cantidad de tiempo requerido para realizarlas.

La ingeniería de métodos se puede definir como la técnica que somete a un profundo análisis a cada operación de determinada actividad de un trabajo, con el fin de eliminar todas las operaciones innecesarias para acercarse al mejor y más rápido método de desempeño.

3.1.- Procedimientos Gráficos

El objetivo de los procedimientos gráficos es el de proporcionar una descripción sistemática de un trabajo o proceso con suficiente detalle para planear la mejora de los métodos. Están diseñados para ayudar a todos los involucrados a formarse una imagen común del procedimiento, lo que ayuda al intercambio o polinización cruzada de ideas.

Existe una gran variedad de procedimientos gráficos para el análisis de procesos, entre los que podemos mencionar el "Diagrama de Operaciones de Procesos" y el "Diagrama de Flujo de Procesos".

3.1.1.- Definiciones:

Todas las acciones que se pueden realizar en cualquier proceso han sido clasificadas en 5 categorías:

- Operación: una operación ocurre cuando cambian las propiedades físicas o químicas de un objeto, se ensambla o desmonta de otro objeto, se prepara para otra acción (operación, transporte, inspección o almacenaje), o se entrega y/o recibe información.
- Transporte: se presenta cuando se mueve un objeto de una lugar a otro, excepto cuando el movimiento es ocasionado por otra operación o inspección.
- Inspección: sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar sus características cualitativas o cuantitativas.
- Demora: un objeto está rezagado cuando las condiciones del sistema no permiten que se realice el siguiente paso planificado.
- Almacenamiento: se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada.

3.2.- Diagrama de Operaciones de Procesos

Los diagramas de operaciones de procesos son utilizados por los ingenieros para obtener una panorámica de un proceso particular; y se puede definir como "la representación gráfica del punto en donde los materiales se integran al proceso y de la secuencia de *inspecciones* y todas las demás *operaciones*, excepto aquellas que se relacionan con el manejo de materiales (*transporte*, *demora* y *almacenaje*)".

3.2.1.- Elaboración del Diagrama de Operaciones de Procesos

El diagrama de operaciones de procesos señala el orden cronológico en que todos los componentes y subensambles se unen al conjunto o pieza principal, el cual se denomina chasis. Se usan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo; y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las líneas de flujo verticales para indicar la introducción de material, ya sea proveniente de compras o sobre el que se ha hecho algún trabajo durante el proceso (ver figura 1). Los pasos para su elaboración son los siguientes:

1. Se puede utilizar cualquier hoja en blanco, colocando en la parte superior de ésta el nombre del proceso descrito.
2. El componente principal o chasis se coloca en el extremo superior derecho de la hoja.
3. A cada componente se les asigna un espacio a la izquierda del chasis, según el orden cronológico en que se ensambla a éste.
4. Cuando dos o más componentes se unen forman un subensamble, y la unión de los componentes y subensambles con el chasis conforman el ensamble final o definitivo.
5. Todas las operaciones e inspecciones realizadas sobre cada componente o subensamble se listan en la secuencia adecuada, de arriba hacia abajo, a lo largo de la línea vertical.
6. Toda la información relevante se debe colocar al lado de los componentes (p. ej. descripción completa), las operaciones (p. ej. tiempo de la operación), y las inspecciones (p. ej. si son de calidad o cantidad).

Una vez que se ha terminado el diagrama de operaciones se deberá utilizar con el fin de simplificar o mejorar el proceso estudiado, revisando los materiales utilizados (reemplazándolos) y las operaciones e inspecciones realizadas (combinándolas, modificándolas o eliminándolas).

3.2.2.- Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Procesos

Se realiza el diagrama de operaciones de procesos para la elaboración de "Salsa Guasacaca", a partir de la receta mostrada.

RECETA DE SALSA GUASACACA

Ingredientes:

1 taza de cebolla picada finamente
1/2 taza de Pimentón verde y rojo cortado en cuadritos
2 dientes de ajo picados finamente
1 cucharada perejil
1/2 taza de aceite
2 cucharadas de vinagre
2 cucharadas de azúcar
1/4 cucharadita de pimienta negra molida
2 1/2 taza de aguacate hecho puré
sal al gusto

Preparación:

Pelar y lavar las verduras antes de picarlas. Mezclar en un envase los primeros cuatro ingredientes. Mezclar los condimentos aparte y unirlos a las verduras; agregue lo anterior al aguacate en forma de puré y mezcle otra vez. Por último agregue la sal al gusto.

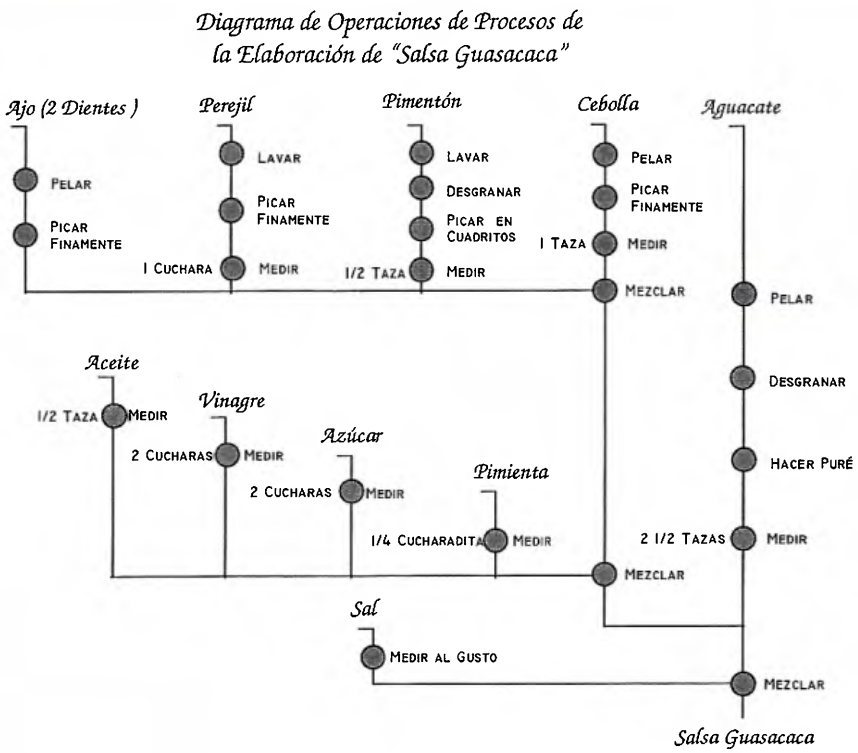


Fig. 3.1 Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Procesos para la elaboración de "Salsa Guasacaca"

3.3.- Diagrama de Flujo de Procesos

Un diagrama de flujo de procesos es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, inspecciones, transporte, demoras y almacenaje que se efectúa en un proceso o procedimiento. Este tipo de diagrama incluye la información que se considera necesaria para su análisis, como lo es el tiempo requerido y la distancia recorrida.

3.3.1.- Elaboración del Diagrama de Flujo de Proceso

El diagrama de flujo de procesos para un procedimiento determinado se puede realizar sobre los sucesos por los que pasa un material o sobre las actividades que realiza un operario. En el diagrama de operario se utilizará la voz activa en la descripción de las actividades (p. ej. taladra), mientras que en el diagrama de materiales se utilizará la voz pasiva (p. ej. es taladrado). Los procedimientos para desarrollar un diagrama de flujo de procesos incluyen:

1. Definición de Limites: Los límites del proceso en estudio deben de ser especificados, esto es, donde comienza y termina físicamente el proceso.
2. Recolección de Datos: Se necesita la recolección de datos sobre el proceso y las actividades relacionadas. Aquí los esfuerzos deben incluir una participación directa en las actividades, observación directa de los procesos, y pedir a otros que describan como se lleva a cabo el trabajo.
3. Listado de Actividades: Los pasos involucrados en el proceso deben ser identificados en el orden en que ocurren, así como su duración y la distancia recorrida (en el caso de que sea significativa). Se debe rellenar el símbolo que identifica a cada actividad, y conectar las actividades consecutivas con un línea recta con el fin de obtener una referencia visual de las distintas acciones que ocurren en el proceso.
4. Contabilizar los Resultados: se debe totalizar el número de operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenajes realizados, así como la suma del tiempo transcurrido para cada una de éstas y la distancia total recorrida durante la ejecución del proceso.

El dibujar el diagrama de flujo proveerá información sobre: pasos redundantes, retrasos potenciales, y lo más importante, determinar todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso.

3.3.2.- Ejemplo de Diagrama de Flujo de Procesos

Se rellena el Diagrama de Flujo de Procesos estándar mostrado, indicando las distintas actividades que describen el proceso de inscripción administrativa que debe realizar un estudiante de ingeniería de la universidad.

Universidad Católica Andrés Bello

N° 001
PÁG: 1 de 2

Diagrama de Flujo de Procesos

TAREA: Procediimiento de Inscripción en la UCAB

☒ HOMBRE ☐ MATERIAL: Estudiantes de Ingeniería
EL DIAGRAMA COMIENZA: Edif. Laboratorios
EL DIAGRAMA TERMINA: Edif. Laboratorios
REALIZADO POR: Estud. Fundamentos Ing. Industrial (4° sem)

RESUMEN	#	TIEMPO
OPERACION	5	33 min
TRANSPORTE	5	19.5 min
INSPECCION	2	1 min
DEMORA	5	465 min
ALMAC	0	0
DISTANCIA		880 m

#	DETALLES DEL MÉTODO	OPERAC	TRANSP	INSPEC	DEMORA	ALMAC	DISTAN. (m)	TIEMPO(min)	NOTAS
1	Otras Actividades	○	⇨	☐	D	▽	-	-	Se parte del Edif. de Lab.
2	Ir a Biblioteca (Saldo)	○	⇨	☐	D	▽	270	6	Caminar hasta Biblioteca
3	Hacer Cola del Saldo	○	⇨	☐	D	▽	-	120	Pocas Máquinas
4	Obtener Saldo	○	⇨	☐	D	▽	-	0.5	Obtener Planilla de Saldo
5	Verificar Saldo	○	⇨	☐	D	▽	-	0.5	
6	Ir al Banco(Pago/Cheque)	○	⇨	☐	D	▽	145	3.3	Caminar hasta el Banco
7	Hacer Cola Pago/Cheque	○	⇨	☐	D	▽	-	30	
8	Pagar/Hacer Cheque	○	⇨	☐	D	▽	-	1.5	Pagar o Cheque Gerencia
9	Ir a Caja (Solvencia)	○	⇨	☐	D	▽	100	2.2	Caminar hasta Caja
10	Hacer Cola Solvencia	○	⇨	☐	D	▽	-	180	Ventanillas Insuficientes
11	Obtener Solvencia	○	⇨	☐	D	▽	-	0.5	
12	Ir a Laboratorio de Comp.	○	⇨	☐	D	▽	340	7.5	Caminar hasta Edif. Lab.
13	Hacer Cola Planilla Insc.	○	⇨	☐	D	▽	-	15	
14	Obtener Planilla	○	⇨	☐	D	▽	-	0.5	
15	Revisar Planilla	○	⇨	☐	D	▽	-	0.5	Verificar si está Correcta
16	Ir a Lab. de Inscripción	○	⇨	☐	D	▽	25	0.5	Caminar hasta Lab. Insc.
17	Cola de Inscripción	○	⇨	☐	D	▽	-	120	Esperar por N° Aleatorio
18	Inscripción	○	⇨	☐	D	▽	-	30	Depende del N° Aleatorio
		○	⇨	☐	D	▽			
		○	⇨	☐	D	▽			

Fig. 3.2 Diagrama de Flujo de Procesos para la Inscripción Administrativa en la UCAB

4. Introducción a la Gerencia de Proyectos

El concepto de la administración de proyectos data de la década de 1950, y es hoy en día una parte fundamental del trabajo del ingeniero industrial: la administración programada del cambio. Todo proyecto es un trabajo temporal con un comienzo y fin bien definidos, su resultado es único, y es realizado gracias a un conjunto de recursos: personas, materiales, equipos y capital.

4.1.- Definición de Proyecto

Un proyecto es un conjunto de tareas realizadas con un fin específico a ser logrado en un tiempo determinado. Esto incluye la planificación, programación y aseguramiento del progreso de las actividades que involucran el proyecto. También es la disciplina de definir y obtener logros mientras se optimiza el uso de los recursos (tiempo, dinero, mano de obra, etc.).

Proyectos típicos pueden ser: (1) la ingeniería y construcción de una planta industrial, (2) el diseño, programación y documentación de un programa de mantenimiento industrial, o (3) el desarrollo de un nuevo producto, incluyendo sus especificaciones de precio, calidad, manufactura, empaque, transporte y servicio post venta.

4.2.- Introducción a PERT – CPM

La Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT: Program Evaluation and Review Technique) y el Método de la Ruta Crítica (CPM: Critical Path Method) son herramientas basadas en redes, que se utilizan para responder preguntas básicas sobre un proyecto:

(a) ¿Cuál es el tiempo total para culminar este proyecto sin retrasos?

(b) ¿Cuándo deben iniciar y terminar las actividades individuales (lo más tarde/pronto) para poder cumplir con este tiempo?

(c) ¿Cuáles son las actividades críticas en las que se deben evitar retrasos, para prevenir que se atrase la culminación del proyecto?

(d) Para las actividades no críticas, ¿Cuánto retraso puede tolerarse sin atrasarse el proyecto?

(e) ¿Cuántos recursos necesito asignarle al proyecto? y ¿Cómo varía la duración del proyecto al cambiar los recursos asignados?

4.2.1.- Definiciones Generales

- **Tarea:** es un conjunto de actividades cuyo resultado puede ser fácilmente identificable (logro/falla). El tiempo y los recursos necesarios para realizarla

también pueden ser fácilmente estimados. Las tareas se identifican gráficamente en las redes mediante puntos o nodos.

- **Predecesor:** para una tarea dada, sus predecesores inmediatos son aquellas actividades que deben terminarse no más tarde del tiempo de inicio de la tarea dada. Mediante arcos o líneas se muestran las relaciones de precedencia entre las tareas que van de un nodo a otro.
- **Trayectoria**: es una de las rutas que siguen los arcos desde el nodo de inicio hasta el nodo de finalización. La suma de las duraciones estimadas de las tareas que componen una trayectoria se denomina "Longitud de una Trayectoria".

4.2.2.- Pasos Previos

1. Determinar el alcance u objetivo del proyecto.
2. Establecer las fechas de inicio y finalización del proyecto.
3. Determinar las tareas necesarias para realizar el proyecto.
4. Establecer el orden de precedencia en que deben ser realizadas las tareas.
5. Determinar los recursos necesarios para cumplir con cada tarea.
6. Determinar la estimación de costos del proyecto.

4.2.3.- Observaciones Importantes

(a) Siempre hay un nodo de Inicio y uno de Finalización.

(b) Se comienza dibujando el nodo de inicio.

(c) Cada actividad debe colocarse después de terminado(s) su(s) predecesor(es), uniéndolos mediante líneas.

(d) Una actividad dada no puede tener simultáneamente el mismo predecesor de manera directa e indirecta (en tal caso se elimina el arco de la relación directa).

(e) Al lado de cada actividad se debe indicar su duración.

(f) Se calcula la duración para todas las trayectorias del proyecto. Aquella con mayor duración es la ruta crítica.

4.2.4.- Ejemplo de Red y su aplicación a la Gerencia del Proyectos

Se dibuja la red y a partir de ésta se determina la Ruta Crítica del proyecto de venta de entradas para el show de ingeniería, cuyas actividades están descritas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería

#	Actividad	Predecesores	Duración (días)
A	Establecer el número de Entradas a Vender	-	0.5
B	Realizar el Presupuesto para el Show	A	3
C	Solicitar Presupuestos para el alquiler del Local	B	7
D	Buscar Patrocinantes	B	21
E	Solicitar Presupuestos de Bandas y DJ (Música)	B	14
F	Elegir el Local	C	0.5
G	Elegir Bandas y DJ (Música)	E	2
I	Diseñar e Imprimir Entradas	D-F-G	8
J	Vender entradas	I	7

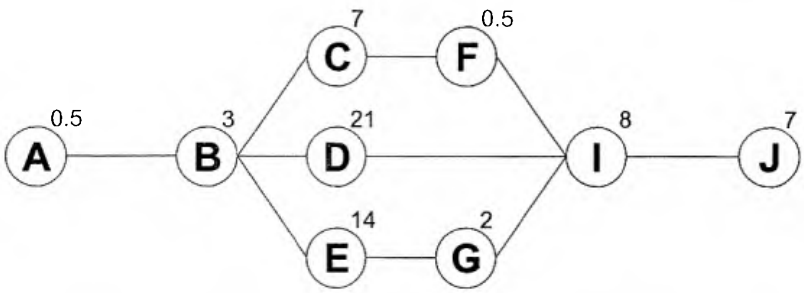


Fig. 4.1 Red del Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería

TRAYECTORIAS:
A-B-C-F-I-J: 26 días
A-B-E-G-I-J: 34 días
A-B-D-I-J: 39 días

RUTA CRÍTICA
A-B-D-I-J: 39 días

4.3.- Diagrama Gantt

El Diagrama Gantt es un gráfico de barras horizontales que muestra la duración de las tareas a lo largo de una línea de tiempo, sus fechas de inicio y culminación, así como la duración total del proyecto. Debido a que el Diagrama Gantt facilita la visión de la programación de las tareas, es utilizado para crear el plan inicial, ver la programación y hacer ajustes en el proyecto. La versión conectada del diagrama Gantt muestra adicionalmente la relación de precedencia entre las distintas tareas.

4.3.1.- Elaboración del Diagrama Gannt

El gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en el que se indica:

- **En el eje Horizontal:** una escala de tiempo en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.
- **En el eje Vertical:** Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar.

A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración. El grosor de la Barra no es relevante en el diagrama.

4.3.2.- Ejemplo de Diagrama Gannt

Se dibuja el Diagrama Gantt conectado y se identifica la ruta crítica para el proyecto de "Venta de Entradas para el Show de Ingeniería", del ejemplo 4.2.4:

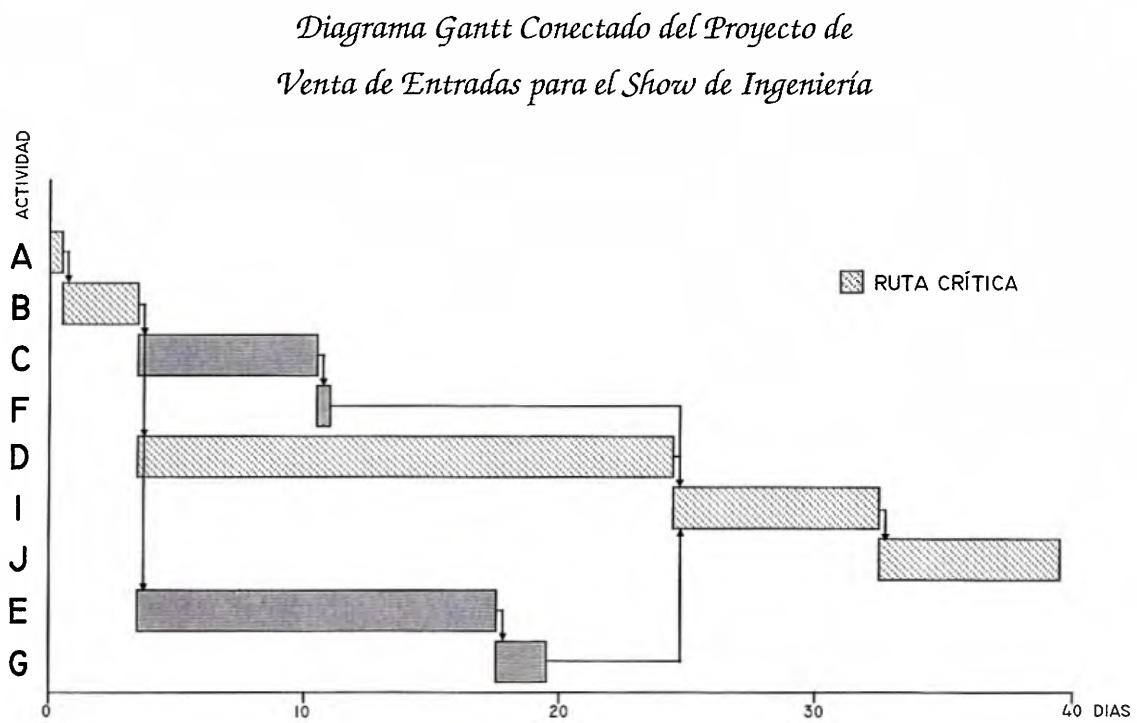


Fig. 4.2 Diagrama Gantt Conectado del Proyecto de Venta de Entradas para el Show de Ingeniería

5. Introducción a la Manufactura en Ingeniería

El quehacer cotidiano de los ingenieros tiene que ver con el diseño de soluciones a problemas, el análisis y prueba de materiales que apliquen a la solución de estos problemas, y a la fabricación o manufactura de lo diseñado para la satisfacción del cliente.

5.1.- Definición de Manufactura

La manufactura es la aplicación de procesos físicos y/o químicos para alterar la geometría, propiedades y apariencia de un material dado y/o el ensamblaje de estos para hacer productos. Los recursos para realizar la manufactura incluyen una combinación de máquinas, herramientas, energía y mano de obra, como se puede observar en la figura 5.1.

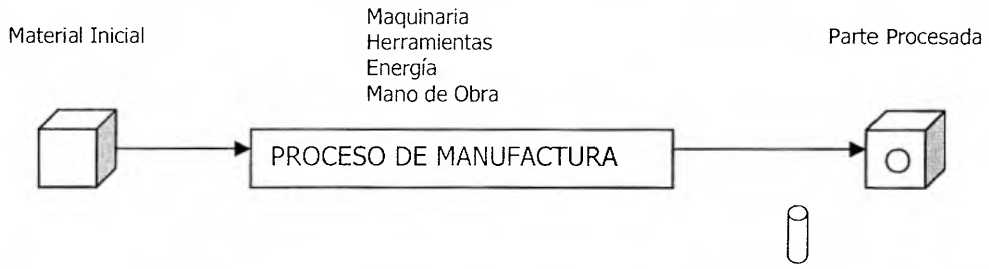


Fig. 5.1 Recursos utilizados en el Proceso de Manufactura

La manufactura transforma los materiales agregándoles valor mediante uno o más procesos y/o operaciones de ensamble, e incluye el diseño del producto, la escogencia de los materiales y la selección de los procesos a través de los cuales será manufacturado.

5.2.- Diseño en Ingeniería

El propósito del diseño es derivar, a partir de un conjunto de especificaciones, una descripción suficientemente detallada de un artefacto como para poder realizarlo (manufacturarlo).

5.2.1.- Definición de Diseño

Diseño en Ingeniería es la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas.

5.2.2.- Etapas de Diseño

Todo proceso de diseño parte de una necesidad, y pasa por diversas etapas hasta lograr el diseño del objeto que logra satisfacerla (ver figura 5.2).

1. Definición del Problema: está enfocada a aclarar los objetivos establecidos por el cliente y reunir la información necesaria para desarrollar un planteamiento de ingeniería de lo que el cliente desea mediante requerimientos, restricciones y funciones.

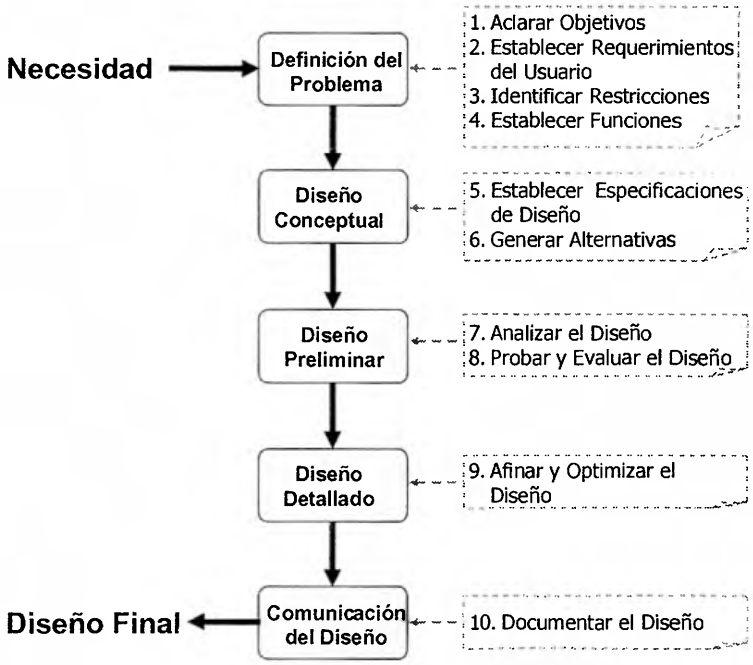


Fig. 5.2 Etapas del Diseño en Ingeniería

2. Diseño Conceptual: la meta de esta etapa es la transformación de los requerimientos, restricciones y funciones en especificaciones de diseño, y a partir de éstas, la generación de conceptos o esquemas de diseño alternativos.

3. Diseño Preliminar: su meta es la identificación de los atributos principales de los conceptos o esquemas de diseño, así como su comparación y selección de aquel que mejor cumpla con los objetivos planteados.

4. Diseño Detallado: una vez seleccionado el mejor esquema de diseño, la meta de la fase de diseño detallado es la de afinar y definir en forma detallada el diseño final.

5. Comunicación del Diseño: la fase de comunicación del diseño está dedicada a documentar las especificaciones para su fabricación y justificación (generación de planos e informes).

5.2.3.- Herramientas de Diseño en Ingeniería

El diseño en ingeniería ha evolucionado a medida que la tecnología informática se ha desarrollado durante las últimas décadas. Inicialmente las principales herramientas para el diseño de productos eran el lápiz, la escuadra y el compás; posteriormente, y con el advenimiento de la computadora, se sustituyeron estas herramientas por el dibujo asistido por computadora o CAD (Computer Aided Drafting). Con la creación de computadoras más potentes se desarrolló el diseño y dibujo asistido

por computadora o CADD (Computer Aided Drafting and Design) en el que se pueden modelar objetos tridimensionales virtuales. Finalmente se avanzó hasta lograr simular y analizar las propiedades físicas de los objetos modelados en el computador, mediante la ingeniería asistida por computadora o CAE (Computer Aided Engineering).

5.3.- Materiales para la Manufactura

La mayoría de los materiales utilizados en ingeniería para la manufactura de productos se pueden clasificar en: metales ferrosos y no ferrosos, materiales no metálicos de origen orgánico e inorgánico, y materiales compuestos.

5.3.1.- Metales Ferrosos

Los metales ferrosos, como su nombre lo indica, contienen principalmente hierro, y entre sus principales características están la gran resistencia a la tensión y su dureza. Las aleaciones (mezclas para mejorar sus propiedades) de hierro se logran con el carbono, estaño, plata, platino, manganeso, vanadio y titanio. Los principales productos representantes de los materiales metálicos son: fundición de hierro gris, hierro maleable, aceros y fundición de hierro blanco. Su temperatura de fusión va desde los 1360ºC hasta los 1425ºC y uno de sus principales problemas es la corrosión.

5.3.2.- Metales no Ferrosos

Por lo regular tienen menor resistencia a la tensión y dureza que los metales ferrosos, sin embargo su resistencia a la corrosión es superior, a pesar de ser considerablemente más caros. Los principales metales no ferrosos utilizados en la manufactura son: aluminio, cobre, magnesio, níquel, plomo, titanio, y zinc.

5.3.2.- Materiales de Origen Orgánico

Son así considerados cuando contienen células de vegetales o animales. Estos materiales pueden usualmente disolverse en líquidos orgánicos como el alcohol o los tretracloruros; sin embargo, no se disuelven en el agua y no soportan altas temperaturas. Algunos de los representantes de este grupo son: productos del petróleo (plásticos), madera, papel, caucho, y cuero.

5.3.3.- Materiales no Metálicos de Origen Inorgánico

Son todos aquellos materiales no metálicos que no proceden de células animales o vegetales. Por lo regular se pueden disolver en el agua y en general resisten el calor mejor que las sustancias orgánicas. Algunos de los materiales inorgánicos más utilizados en la manufactura son: el cemento, la cerámica, el vidrio, y el grafito (carbón mineral).

5.3.4.- Materiales Compuestos

Son combinaciones de dos o más fases químicamente distintas (p.ej. plástico con vidrio), con propiedades superiores a la de los elementos constituyentes actuando independientemente. Han sido desarrollados en años recientes y combinan las propiedades de los materiales convencionales para combinar características extraordinarias de peso, resistencia y rigidez.

5.4.- Procesos de Manufactura

Los procesos de manufactura se pueden dividir en dos tipos: operaciones de procesamiento y operaciones de ensamblaje (ver figura 5.3).

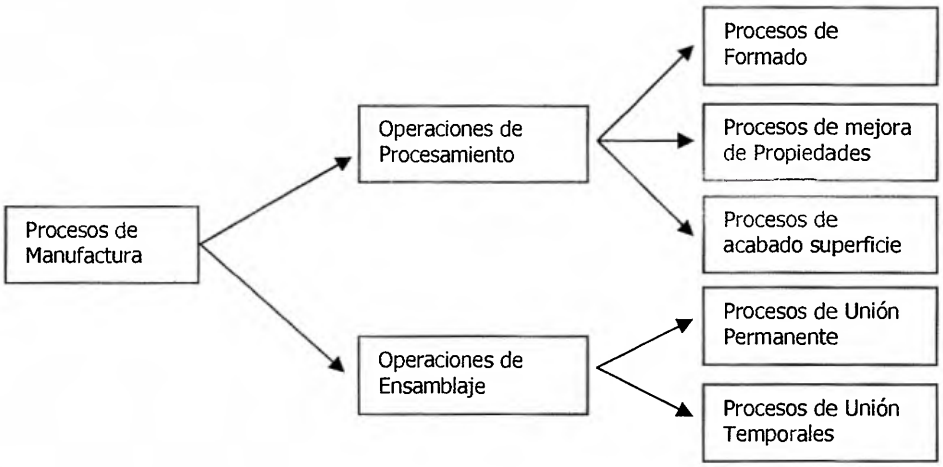


Fig. 5.3 Procesos de Manufactura

5.4.1.- Operaciones de Procesamiento

Las operaciones de procesamiento transforman un material de trabajo de un estado a otro más avanzado, que se acerca más al producto final deseado. Le agrega valor cambiando su geometría, propiedades o apariencia del material. Estas se han dividido en:

- Operaciones de Formado: son las que alteran la geometría del material inicial de trabajo mediante la aplicación de calor, una fuerza mecánica o la combinación de ambas. Entre las

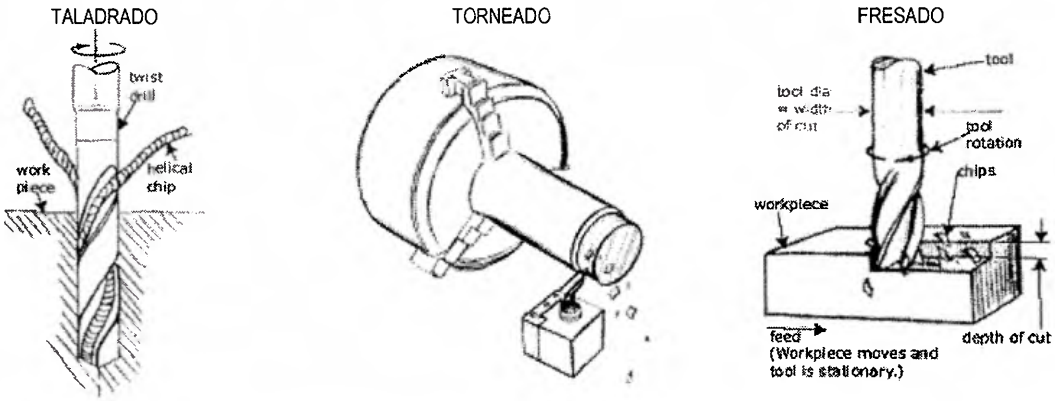


Fig. 5.4 Algunas Operaciones de Formado por Maquinado: Taladrado, Torneado, y Fresado.

distintas operaciones de formado se pueden encontrar: Fundición (p.ej. en arena, centrifuga), Formado en frío (p.ej. corte, doblado, laminación) y en caliente (p.ej. extrusión, laminación), y procesos de maquinado o que provocan desprendimiento de viruta para obtener la forma y tolerancias de las piezas deseadas (p.ej. torno, fresado, cepillado, taladrado). Algunos de estos procesos se muestran en las figuras 5.4 y 5.5.

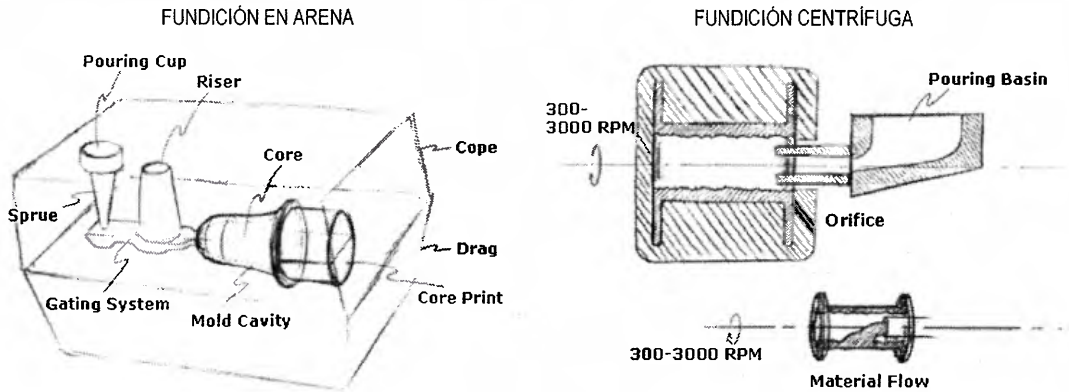


Fig. 5.5 Algunas Operaciones de Formado por Fundición: en Arena y Centrífuga.

- Procesos de Mejora de Propiedades: son realizados con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, y en general no alteran la forma del mismo. Los procesos de mejora de propiedades de los materiales son tratamientos térmicos o químicos, que se utilizan para mejorar la dureza, ductilidad y tenacidad de metales y vidrios (ver figura 5.6).

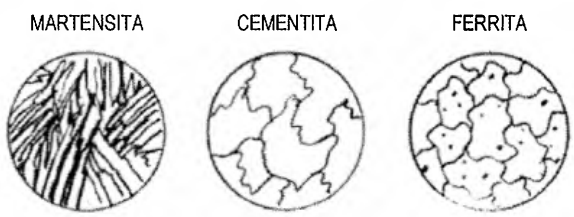


Fig. 5.6 Distintas Micro-estructuras del Acero
por Tratamiento Térmico.

- Procesos de Acabado de Superficie: su función principal es la de limpiar, proteger y decorar la superficie. Estos procesos pueden ser mecánicos o químicos, entre los están limpieza de residuos, aceites y otros contaminantes, pulido, y recubrimientos, como revestimientos orgánicos –pinturas-, revestimientos metálicos y esmaltes porcelanizados.

5.4.2.- Operaciones de Ensamblaje

La función básica del proceso de ensamble (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar una nueva entidad llamada ensamble o subensamble, u otro término similar (p. ej. soldadura). Los componentes del nuevo conjunto pueden estar conectados de forma temporal o permanentemente:

- **Ensambles Temporales:** incluye a todos aquellos métodos disponibles para unir dos o más componentes de forma que puedan ser convenientemente separados, por ejemplo: tornillos, remaches, roblones, pasadores, cuñas y uniones por ajuste a presión.
- **Ensambles Permanentes:** son aquellos que forman una unión entre componentes que no puede ser fácilmente separada, por ejemplo: soldado (arco eléctrico, gas acetileno, por resistencia), unión adhesiva (pegado), y otros.

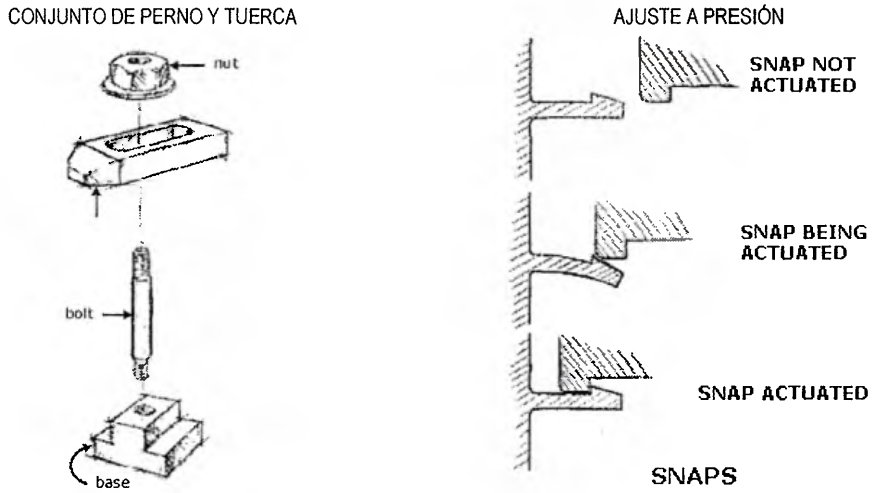


Fig. 5.5 Algunos Ensambles Temporales: Apernado y por Ajuste a Presión.

6. Introducción a la Ergonomía e Higiene y Seguridad Industrial

El ingeniero industrial está interesado en generar condiciones de trabajo adecuadas para el aseguramiento de la calidad de vida de los trabajadores; esto incluye el análisis y diseño ergonómico de los puestos y las herramientas de trabajo, así como la detección y evaluación de los riesgos por enfermedades (higiene) y accidentes (seguridad) en los medios laborales.

6.1- La Ergonomía

Es difícil señalar con precisión cuándo y cómo se inició el interés por estudiar las condiciones humanas en el trabajo. Sin embargo, se puede afirmar que fue durante la segunda guerra mundial que se comenzó a analizar la interacción entre el hombre y la máquina con la finalidad de aumentar la eficiencia del armamento militar. Hoy en día estos conceptos se utilizan para prevenir lesiones y mejorar las condiciones en el trabajo.

6.1.1- Definición de Ergonomía

Ergonomía significa literalmente el estudio o la medida del trabajo (del griego "nomos": norma y "ergo": trabajo) y es una ciencia multidisciplinaria que estudia la interacción entre las personas, el ambiente en el que se desenvuelven y los objetos que utilizan. También se puede definir como el diseño de objetos, equipos, máquinas y sistemas para el uso del ser humano.

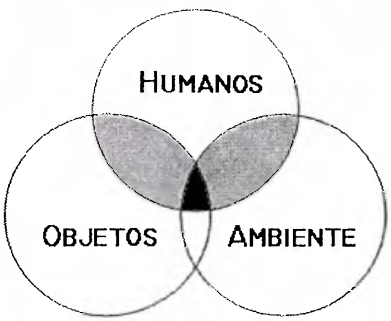


Fig. 6.1 La Ergonomía

La ergonomía analiza las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico, ambiente térmico, ruidos, iluminación, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental y de trabajo, fatiga nerviosa y todo aquello que puede poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico o nervioso.

6.1.2.- Objetivos de la Ergonomía

Desde el punto de vista de la ingeniería industrial los objetivos básicos que persigue el ergónomo al analizar las relaciones entre el hombre, su entorno y los objetos que utiliza, son:

(1) Reducir esfuerzos, fatiga y carga de trabajo.

(2) Reducir enfermedades, lesiones y costos laborales.

(3) Mejorar la ejecución de las actividades y del trabajo, así como la calidad de vida y del ambiente.

(4) Facilitar actividades y uso de objetos, herramientas máquinas, etc. en el trabajo y la vida cotidiana.

(5) Reducir costos de operación e incrementar los niveles de producción.

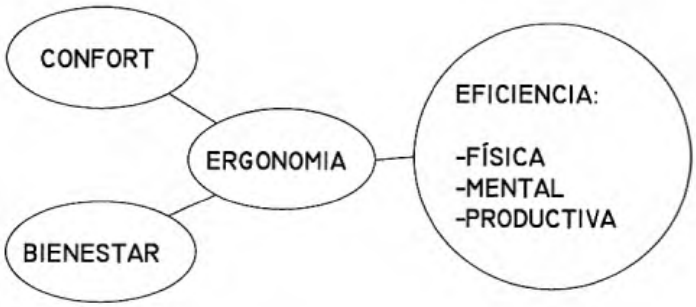


Fig. 6.2 Objetivos de la Ergonomía

El fin último de la ergonomía es el de garantizar que el entorno del trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador, con las subsecuentes ventajas en la productividad y la calidad, la seguridad y salud, la fiabilidad, y la satisfacción en el trabajo y el desarrollo personal.

6.1.3.- Ciencias que Nutren a la Ergonomía

Al ser la ergonomía una técnica con bases científicas entre la medicina y la ingeniería, necesita de las ciencias humanas (sociología, fisiología, anatomía y psicología) para obtener sus conocimientos. El enfoque fisiológico es necesario para abordar problemas como el de consumo de energía, posturas y aplicación de fuerzas. La visión anatómica permite el diseño de instalaciones, herramientas y equipos adaptados a las dimensiones humanas. Mientras que el enfoque psicológico permite estudiar problemas tales como la presentación de información y el grado de satisfacción en el trabajo. Muchas de las situaciones que se presentan en ergonomía, como el estrés y la fatiga, requieren de una intervención simultánea de estas disciplinas.

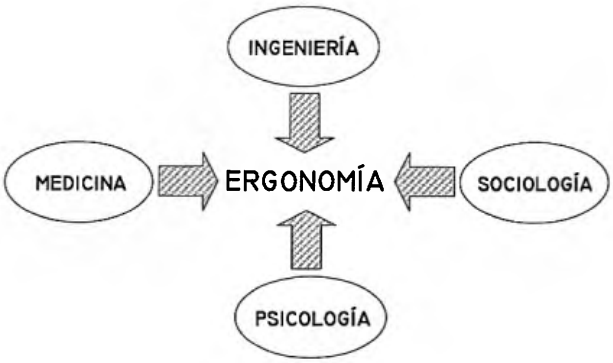


Fig. 6.3 Ciencias que nutren a la Ergonomía

6.1.4.- Tipos de Problemas en Ergonomía

El ser humano es sumamente adaptable, pero su capacidad de adaptación no es infinita, por lo tanto existen intervalos de condiciones óptimas para cualquier actividad. Una de las labores de la

ergonomía consiste en definir cuáles son estos intervalos y explorar los efectos no deseados que se producirán en caso de superar los límites.

En la mayoría de los casos las ineficiencias en la interfase cuerpo humano-objeto se aceptan como algo normal, la preocupación suele aparecer cuando son evidentes los efectos negativos de esta interfase sobre el cuerpo humano. Entre los principales problemas ergonómicos encontrados en los ambientes de trabajo se pueden mencionar:

- Antropométricos: Estudian el conflicto entre el espacio disponible y las dimensiones humanas. La solución a los problemas antropométricos consisten en cambiar el diseño y lograr compatibilidad con las dimensiones del ser humano.
- Cognitivos: ocurren cuando hay exceso de información o escasez de la misma para los requerimientos de una tarea. En estos casos la solución se enfoca en complementar las funciones humanas con máquinas (computadoras) para un mejor desempeño.
- Músculo - Esqueléticos: abarca los casos en los que se cargan los sistemas muscular y/ o esquelético que pueden causar un solo incidente o un trauma de efecto acumulado. Para evitar las lesiones por estas causas se utilizan ayudas al trabajo o rediseño del trabajo para mantenerlo dentro de la capacidad humana.
- Cardiovascular: cargan el sistema circulatorio, incluyendo el corazón, lo que puede ocasionar enfermedades de distinta índole. La solución consiste en modificar la tarea para que el trabajo muscular sea a ritmo y con descansos planificados, con una mayor rotación en el trabajo.
- Psicomotor: cargan el sistema psicomotor, es decir relativo a los efectos motores de la actividad psíquica sobre el cuerpo humano. En estos casos se rediseña el trabajo para ajustarlo a la capacidad del sistema psicomotor.

6.1.6.- El ergónomo

El ergónomo es la persona que maneja los problemas de ergonomía en la organización y puede pertenecer a cualquiera de las ciencias descritas anteriormente. En empresas pequeñas y medianas el trabajo del ergónomo es compartido con otras responsabilidades de la ingeniería industrial o la medicina. En empresas grandes hay, al menos, un ergónomo dedicado por cada 1500 trabajadores. Otra medida para instalaciones de producción es de un ergónomo por cada 210 Ingenieros, aproximadamente.

6.2.- La Higiene y Seguridad Industrial

Un lugar de trabajo se considera seguro cuando reúne condiciones de higiene y seguridad tales que los riesgos ocasionados por los agentes físicos, químicos y biológicos están dentro de los niveles aceptados por la legislación laboral; y los trabajadores, supervisores, ingenieros y médicos ocupacionales comprenden y controlan estos riesgos.

6.2.1.- Definición de Higiene Industrial

La profesión que se dedica específicamente a la detección, prevención y control de los riesgos originados por los procesos en el trabajo es la higiene industrial. Los objetivos de la higiene industrial son la protección y promoción de la salud de los trabajadores, la protección del medio ambiente y la contribución a un desarrollo seguro y sostenible.

La higiene industrial también se puede definir como la ciencia de la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo y que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo también en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general.

6.2.2.- Ergonomía versus Higiene Industrial

La ergonomía se centra en el operador humano en acción; la higiene industrial se centra en el riesgo de un determinado ambiente para el operador humano. El higienista industrial se preocupa por los efectos sobre la salud que ocasiona el ambiente de trabajo, a corto o a largo plazo; el ergónomo igualmente se preocupa por la salud, pero también por otros factores, como la productividad, el diseño del trabajo o el espacio de trabajo.

6.2.3.- Funciones de la Higiene Industrial

El medio ambiente de trabajo debe someterse a una vigilancia continua para que sea posible detectar, eliminar y controlar los agentes y factores peligrosos antes de que causen un efecto nocivo en los trabajadores. Por lo tanto la higiene industrial tiene entre sus funciones:

(1) Prever los riesgos para la salud que pueden originarse como resultado de los procesos de trabajo, operaciones y equipos.

(2) Identificar y conocer, en el medio ambiente de trabajo, la presencia real o potencial de agentes químicos, físicos y biológicos y otros factores de riesgo, que puedan afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.

(3) Conocer las posibles vías de entrada de agentes en el organismo humano y los efectos que esos agentes y otros factores pueden tener en la salud.

(4) Diseñar y recomendar estrategias para el control de los agentes y factores peligrosos.

(5) Educar, formar, informar y asesorar a personas de todos los niveles de los riesgos activos y potenciales.

(6) Identificar los agentes y factores que pueden tener un impacto medioambiental y comprender la necesidad de integrar la práctica de la higiene industrial con la protección del medio ambiente.

(7) Conocer el marco jurídico para la práctica de la higiene industrial del país.

6.2.4.- La Práctica de la Higiene Industrial

Mientras no se modifique un medio ambiente de trabajo insano, éste seguirá teniendo el potencial de dañar la salud de los trabajadores. Las etapas clásicas en la práctica de la higiene industrial son:

(a) La identificación de posibles peligros para la salud en el medio ambiente de trabajo.

(b) La evaluación de los peligros, un proceso que permite valorar la exposición y extraer conclusiones sobre el nivel de riesgo para la salud humana.

(c) La prevención y control de riesgos, un proceso que consiste en desarrollar e implantar estrategias para eliminar o reducir a niveles aceptables la presencia de agentes y factores nocivos en el lugar de trabajo, teniendo también en cuenta la protección del medio ambiente.

6.2.5.- El Higienista Industrial

La persona encargada de la higiene y seguridad industrial en una empresa es el higienista industrial, aunque también se le puede denominar de otras formas, como ingeniero, director o jefe de higiene industrial. Éste debe poseer un conocimiento profundo de los equipos, instalaciones y procesos de manufactura de la organización, además de poderse comunicar eficientemente con todo el personal de la empresa y trabajar con todo tipo de personas. Su trabajo es una combinación de ingeniería, administración, medicina preventiva y psicología organizacional, y consiste en generar programas que incluyan la salud ocupacional, la seguridad en los productos, el diseño de las máquinas, la distribución de planta, la seguridad en las operaciones y la prevención de incendios.

6.2.6.- Clasificación de los Peligros

Un peligro en el lugar de trabajo puede definirse como cualquier condición que puede afectar negativamente al bienestar o a la salud de las personas expuestas. Los peligros identificados en la higiene industrial pueden ser de origen químico, biológico o físico, según se detalla en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Peligro de Agentes Químicos, Biológicos y Físicos.

Tipo de Peligro	Descripción	Ejemplo
Agentes Químicos	Las sustancias químicas penetran en el organismo principalmente por inhalación, absorción de la piel o ingestión. El efecto tóxico puede ser agudo, crónico o de ambos tipos.	• Corrosión: Las sustancias químicas corrosivas producen destrucción de tejidos en el lugar de contacto. La piel, los ojos y el sistema digestivo son las partes del organismo afectadas con mayor frecuencia (Acidos concentrados y álcalis, fósforo). • Irritación: Los irritantes causan inflamación de los tejidos en el lugar en el que se depositan (Piel: ácidos, disolventes. Sistema Respiratorio: aldehídos, polvo alcalino, amoniaco, cloro, bromo, ozono). • Reacciones alérgicas: Los alérgenos o sensibilizantes químicos pueden causar reacciones alérgicas dermatológicas o respiratorias (Piel:: formaldehído, metales. Sistema Respiratorio: formaldehído, níquel). • Asfixia: Los asfixiantes ejercen su efecto al interferir con la oxigenación de los tejidos (Asfixiantes simples: metano, etano, hidrógeno, helio. Asfixiantes químicos: monóxido de carbono, nitrobenceno, cianuro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno). • Cáncer: Los cancerígenos humanos conocidos son sustancias químicas que se ha demostrado claramente que causan cáncer en el ser humano (benceno, cloruro de vinilo, amianto, asbesto, polvo de madera dura). • Sistema Reproductor: Los agentes tóxicos para el sistema reproductor interfieren con las funciones reproductoras o sexuales de la persona (Manganeso, disulfuro de carbono, éter monometílico y etílico de etilenglicol, mercurio). • Agentes tóxicos sistémicos: Los agentes tóxicos sistémicos son agentes que causan lesiones en determinados órganos o sistemas del organismo (Cerebro: disolventes, plomo, mercurio, manganeso. Sistema nervioso periférico: n-hexano, plomo, arsénico, disulfuro de carbono. Riñón: cadmio, plomo. mercurio. Pulmón: sílice, amianto, polvos de carbón).
Agentes Biológicos	Los peligros biológicos pueden definirse como polvos orgánicos de distintas fuentes de origen biológico, como virus, bacterias, hongos, proteínas animales o sustancias vegetales, como productos de la degradación de fibras naturales.	• Peligros infecciosos: son agentes infecciosos que pueden afectar a empleados de hospitales, personal de laboratorios, agricultores, trabajadores de mataderos, veterinarios, trabajadores de los zoológicos y cocineros (Hepatitis B, tuberculosis, carbunco, brucelosis, tétanos). • Organismos viables y toxinas biógenas: Los organismos viables incluyen hongos, esporas y micotoxinas (Bisinosis, "fiebre del grano", enfermedad del legionario). • Alérgenos biógenos: Los alérgenos biógenos pueden ser hongos, proteínas de origen animal, terpenos, ácaros y enzimas (lana, pieles, granos de trigo, harina, cedro rojo, ajo en polvo).
Agentes Físicos	Los peligros físicos son aquellos a los que está sometido el cuerpo humano debido a las operaciones intrínsecas del sistema productivo, como ruido, vibración y radiación ionizante y no ionizante.	• Ruido: Se considera ruido cualquier sonido no deseado que puede afectar negativamente a la salud y el bienestar de las personas o poblaciones (Fundiciones, carpinterías, fábricas textiles, sector del metal). • La vibración tiene algunos parámetros en común con el ruido: frecuencia, amplitud, duración de la exposición y continuidad o intermitencia de la exposición (maquinas cargadoras de minería, herramientas neumáticas, sierra de cadena). • Radiación ionizante: El efecto crónico más importante de la radiación ionizante es el cáncer, incluida la leucemia (Reactores nucleares, tubos de rayos-x médicos y dentales, aceleradores de partículas, radioisótopos). • Radiación no ionizante: La radiación no ionizante es la radiación ultravioleta, la radiación visible, los rayos infrarrojos, los láseres, los campos electromagnéticos (microondas y radiofrecuencia) y radiación de frecuencia extremadamente baja (soldadura y corte con arco eléctrico, tratamiento de tintas, colas, pinturas, hornos, soplado de vidrio, etc).

6.3- La Seguridad Industrial

El objetivo principal de la seguridad industrial es la prevención de accidentes en el trabajo, evitando las pérdidas totales en la empresa, esto es, cualquier incidente que pueda resultar en daños a las personas, la propiedad o el proceso productivo en general.

La seguridad industrial busca establecer una filosofía de trabajo en la empresa donde se integra la prevención de accidentes con las actividades operativas y administrativas tradicionales.

6.3.1.- La Práctica de la Seguridad Industrial

La seguridad industrial es básicamente una actividad preventiva en la que la empresa es responsable de diseñar programas de acciones preventivas y de control de incidentes. Entre las principales actividades de la seguridad industrial se pueden mencionar:

(a) Clasificación de los riesgos de trabajo.

(b) Capacitación y entrenamiento a empleados sobre los riesgos laborales.

(c) Cambios de procesos de producción.

(d) Vigilancia del mantenimiento de maquinarias y equipos.

(e) Confinamiento de determinadas materias primas o desechos.

(f) Dotación y control del equipo de protección personal.

(g) Selección, mantenimiento y almacenamiento del equipo de protección personal.

6.3.2.- Causas de las Condiciones Inseguras en el Trabajo

Las condiciones inseguras en los ambientes de trabajo vienen dadas por:

(1) Diseño impropio de los métodos de trabajo que no prevean actos y condiciones inseguras que puedan ocasionar incidentes.

(2) Materiales y herramientas inseguras o no adaptadas a la prevención de accidentes.

(3) Establecimiento de procedimientos inseguros, o la no generación de procedimientos seguros de trabajo.

(4) Incumplimiento por parte de los empleados de los planes y normas de seguridad establecidas por la empresa.

En la medida en que se controlen las condiciones de trabajo y se comprenda la conducta de los empleados, existirán menos riesgos y accidentes que puedan ocasionar pérdidas

7. Introducción a la Gestión de la Calidad

En sentido amplio, el aseguramiento de la calidad se refiere a cualquier acción que se dirija a proporcionar a los consumidores productos de calidad apropiada. El aseguramiento de la calidad es un aspecto importante en la producción de bienes y servicios, ya que el éxito de las empresas en un mercado globalizado depende de su capacidad para competir en forma económica con productos de alta calidad. El ingeniero industrial tiene una participación protagónica en lograr que las empresas puedan alcanzar estos niveles de competitividad utilizando las técnicas y herramientas que nos brinda la gestión de la calidad.

7.1.- Concepto de Calidad

La calidad se puede definir desde distintos puntos de vista según el papel que desempeñemos en el ciclo de vida de un producto o servicio. Las distintas perspectivas de la calidad se pueden visualizar desde los siguientes enfoques:

(a) El Consumidor: para el consumidor la calidad es la capacidad de un producto o servicio de satisfacer sus necesidades o requerimientos (p. ej. precio, confiabilidad, disponibilidad, durabilidad), es decir, el mejor producto o servicio en términos comparativos y dentro de ciertas condiciones.

"La calidad es cumplir o exceder las expectativas del cliente"

(b) El Producto: en el producto la calidad es función de una o varias variables específicas; a mayor cantidad de esa variable, mejor el producto. Erróneamente se piensa que a mayor precio, mayor calidad.

"La calidad es una variable precisa y mensurable"

(c) El Proceso (Manufactura): la calidad es el resultado del cumplimiento de las especificaciones de ingeniería en la manufactura. Las especificaciones son metas o tolerancias determinadas por los diseñadores de productos o servicios.

"La calidad en la manufactura es aquella que permite obtener un producto que cumple con las especificaciones de diseño"

7.2.- Herramientas para la Mejora de Procesos

El proceso de solución de problemas es un esfuerzo creativo que se puede dividir en cuatro componentes principales:

1. Analizar y Redefinir el Problema: se recolecta y analiza la información disponible, se reexamina el problema en busca de nuevas definiciones útiles a su solución.

2. Generar Ideas: se desarrollan posibles soluciones al problema.
3. Evaluar y Seleccionar Ideas: se evalúan las soluciones para identificar y seleccionar las mejores.
4. Implementar Ideas: se pone a funcionar la solución.

Existen variadas herramientas de mejora de procesos que son componentes fundamentales de la gestión de calidad. Entre ellas podemos mencionar el "Diagrama de Pareto" y el "Diagrama de Causa-Efecto".

7.3.- Diagrama de Pareto

El principio de Pareto establece que en una situación específica la mayor parte de los efectos son resultado de sólo unas pocas causas. Wilfredo Pareto (1848-1923) fue un economista italiano que determinó que en Milán -a finales de siglo XIX- el 85 por ciento de la riqueza era propiedad de únicamente el 15 por ciento de las personas. Éste fenómeno (que también se denomina regla 80/20) parece existir en una gran variedad de situaciones. Con frecuencia, el 80 por ciento (aproximadamente) de los efectos se originarán por el 20 por ciento (aproximadamente) de las causas.

La gráfica de Pareto separa claramente los "pocos vitales" de los "muchos triviales"; en otras palabras, es utilizado para separar visualmente los aspectos significativos de una situación de aquellos poco relevantes, de manera que se puedan establecer prioridades, es decir, influir sobre las causas más importantes.

La gráfica de Pareto se puede utilizar de múltiples formas en la mejora de procesos para la gestión de la calidad: para analizar causas, para estudiar resultados, y para planificar la mejora continua.

7.3.1.- Pasos previos:

Antes de realizar la elaboración del diagrama de Pareto es necesario:

1. Seleccionar las categorías lógicas para el análisis a realizar.
2. Reunir los datos (frecuencia de ocurrencia) de cada categoría.
3. Ordenar los datos de la categoría de más alta frecuencia a la categoría de más baja frecuencia.
4. Totalizar los datos de todas las categorías y,
5. Calcular el porcentaje de cada categoría respecto al total.

7.3.2.- Elaboración del Diagrama de Pareto

Una vez realizado lo anterior se debe trazar en papel para gráficas:

1. El título de la gráfica, la fecha de realización y la fuente de los datos a graficar.
2. El eje horizontal identificando, de izquierda a derecha y en orden decreciente (según la magnitud de la frecuencia), las categorías lógicas de forma equidistante.
3. La escala del eje vertical izquierdo para la frecuencia (de cero al total, según se calculó en el punto 4).
4. Una barra para cada categoría (cuya altura sea la frecuencia obtenida en el punto 2), según la escala del eje vertical (punto anterior) y en forma decreciente de izquierda a derecha.
5. La escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulado (desde cero hasta el 100 por ciento ubicado frente al valor total del eje vertical opuesto).
6. Trazar la línea de porcentaje acumulativo iniciando con el punto medio de la barra de categoría más alta (extremo izquierda), y sumar el porcentaje de la siguiente categoría al acumulado, colocando un punto por encima de su barra, hasta llegar al 100 por ciento (extremo derecho).
7. Analizar la gráfica para determinar los "pocos vitales" y los "muchos triviales".

7.3.3.- Ejemplo de Diagrama de Pareto:

El centro de estudiantes de la universidad decidió evaluar la calidad del servicio prestado por los cafetines de la UCAB, ante lo cual se realizó una encuesta a 500 estudiantes con una única pregunta: ¿Cuál es su principal queja en el servicio que prestan los cafetines?. Las respuestas, sus frecuencias y porcentajes respecto al total se indican en la tabla 7.1. Se realiza el diagrama de Pareto de las quejas emitidas por los estudiantes sobre los cafetines de la universidad, y se identifican las quejas más relevantes del estudio.

Tabla 7.1: Tipo, Frecuencia y Porcentaje respecto al Total de Quejas Emitidas por los Estudiantes

#	Tipo de Queja	Frecuencia	Porcentaje
1	Empleados descorteses	11	2,2%
2	Precios elevados	119	23,8%
3	Piso de las Instalaciones sucio	12	2,4%
4	Poca variedad en los productos	16	3,2%
5	Mala calidad de los Alimentos	7	1,4%
6	Colas lentas	5	1,0%
7	Falta de mesas y sillas	13	2,6%
8	Animales en las Instalaciones	8	1,6%
9	Olor a Grasa	215	43,0%
10	Mesas y Sillas sucias	81	16,2%
11	Falta de recipientes de basura	4	0,8%
12	Otras quejas	9	1,8%
	Total	500	100,0%

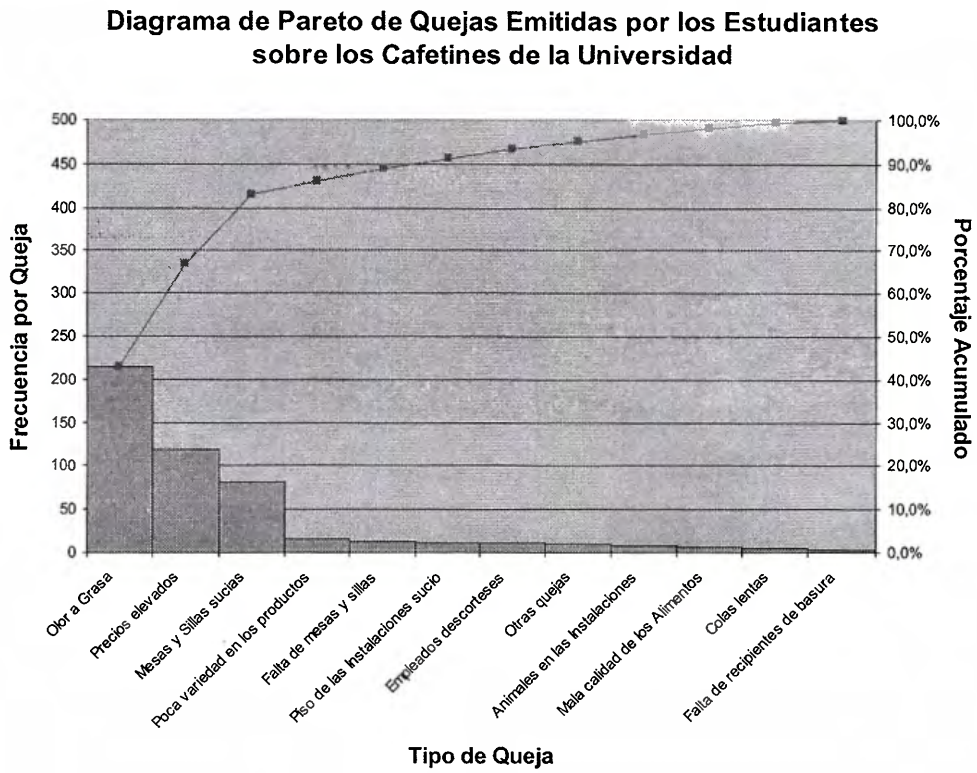


Fig. 7.1 Diagrama de Pareto de Quejas Emitidas por los Estudiantes sobre los Cafetines de la UCAB

Se puede concluir que el 83% de las quejas expresadas por los 500 estudiantes se refieren a tres de los doce tipos de quejas en el estudio, es decir el 25% ("Olor a Grasa", "Precios elevados" y "Mesas y Sillas sucias"). En otras palabras, el 83% de los efectos (quejas) se pueden relacionar con el 25% de las causas (tipos de quejas).

7.4.- Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de causa y efecto es un método gráfico simple que presenta y ordena un conjunto de causas que contribuyen a la ocurrencia de un efecto específico. También es denominado diagrama Ishikawa, ya que fue desarrollado en 1943 por el profesor Kaoru Ishikawa; o diagrama de espina de pescado, debido a que su estructura es parecida a la del esqueleto de un pescado.

El diagrama de causa y efecto es muy útil en la resolución de problemas, ya que ayuda a la generación de ideas relacionadas con las causas del mismo, y a su vez sirve de base para la identificación de la solución. Al mismo tiempo es una forma gráfica de exhibir gran cantidad de información de forma compacta y resumida.

7.4.1.- Elaboración del Diagrama de Causa-Efecto.

Los pasos para la elaboración de un diagrama causa–efecto son los siguientes:

1. Identificar el efecto (o problema) de forma concreta y específica. Escribir en la parte extrema derecha del papel el problema o efecto identificado (encerrándolo en un

recuadro) y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda. Esto se denomina la "cabeza del pescado".

2. Dibujar el tronco principal o "columna del pescado" como una línea horizontal que parte de la "cabeza del pescado" hasta el extremo izquierdo de la hoja.
3. Dibujar y marcar las espinas principales, que representan las categorías de recursos o factores causales. No existen reglas sobre qué categorías se deben utilizar, ya que depende de cada situación particular; sin embargo, las más utilizadas son: materiales, equipos, métodos, personas e instalaciones (encerradas en recuadros).
4. Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema, asignándolas a cada una de las categorías antes descritas. Las ideas generadas guiarán la selección de las causas raíz o causas más importantes.
5. Identificar las posibles causas raíz o causas más importantes marcándolas con un asterisco o encerrándolas en círculos, las cuales deberán ser verificadas posteriormente con más datos.

Se debe recordar que los diagramas de causa-efecto únicamente identifican causas posibles, y aún cuando todos los involucrados estén de acuerdo en esas causas posibles, solamente los datos establecerán las causas reales.

7.4.2.- Ejemplo de Diagrama de Causa-Efecto:

Se realiza el diagrama de causa-efecto para el problema definido como: "Falta de Puestos de Estacionamientos en la UCAB".

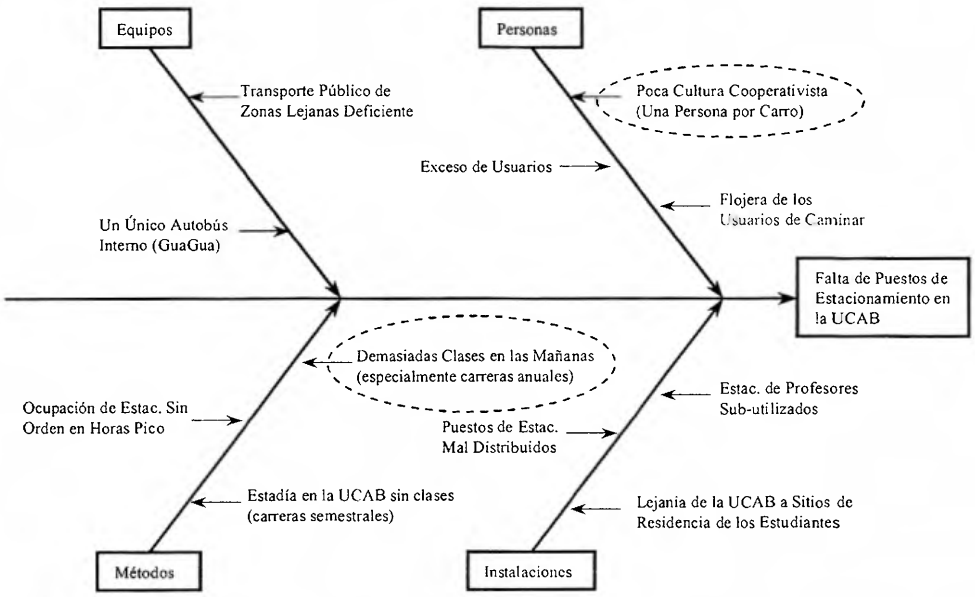


Fig. 7.2 Diagrama Causa-Efecto sobre la Falta de Puestos de Estacionamiento en la UCAB

8. Introducción a Sistemas de Producción y Diseño de Plantas

El diseño, administración y mejora de las operaciones productivas para la realización de bienes y servicios están entre las labores más comunes de los ingenieros industriales, cuyo objeto final es el de generar productos de alta calidad al más bajo costo.

8.1.- Sistemas de Producción

La Administración de la Producción puede definirse como la gestión de los recursos directos necesarios para producir los bienes y servicios que ofrece una organización (ver figura 8.1). Los recursos directos se pueden dividir en lo que se ha denominado las 5 P's de las operaciones:

- Personas: son la fuerza de trabajo directa e indirecta.
- Plantas: se refiere a las instalaciones donde se realiza la producción o la prestación de servicios. Incluye a los equipos y herramientas utilizadas.
- Partes: comprenden los materiales que pasan a través del sistema.
- Procesos: son todos los pasos necesarios para lograr la producción.
- Planificación y Control: son todos aquellos procedimientos e información necesarios para manejar el sistema productivo.

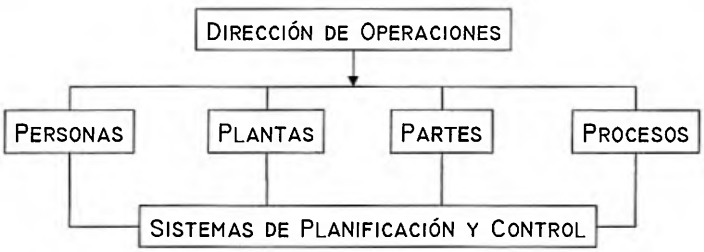


Fig. 8.1 Esquema de los Recursos Involucrados en la Dirección de Operaciones

El objetivo general de la dirección de operaciones es el de producir un bien o servicio específico, con la calidad requerida y en un tiempo y costo mínimos.

8.1.1.- Relación Insumo-Transformación-Producto

La dirección de operaciones administra los sistemas de producción; éstos pueden considerarse como un conjunto de componentes cuya función es convertir un conjunto de insumos en un producto deseado por medio de lo que llamamos *"proceso de transformación"*. Los procesos de transformación los más relevantes son:

1. Físicas: ocurren en la manufactura (cambio en las características físicas y/o químicas).
2. De ubicación: como en el transporte de mercancías o de personas.

3. De intercambio: como en la venta al mayor o al detal.
4. De almacenamiento: como en las bodegas de mercancías o alimentos.
5. Fisiológicas: como en el cuidado de la salud.
6. Informativas: como en las telecomunicaciones.

8.1.2.- Ejemplo de Relaciones Insumo-Transformación-Producto:

La tabla 8.1 detalla distintas relaciones de Insumo-Transformación-Producto de sistemas típicos encontrados en la vida diaria:

Tabla 8.1: Relaciones Insumo-Transformación-Producto de Sistemas Típicos

Sistema	Insumos Principales	Componentes	Principales Funciones de Transformación	Producto Deseado
Hospital	Pacientes	Doctores, Enfermeras, suministros médicos, equipos médicos.	Cuidado de la Salud (fisiológica)	Individuos Sanos
Restaurante	Comensales	Alimentos, Chef, Mesoneros. Infraestructura, Muebles (sillas, mesas, etc.), Vajillas.	Preparación de Alimentos en un ambiente agradable (física y de intercambio)	Comensales Satisfechos
Fabrica de Automóviles	Componentes de automóviles: motores, cauchos, puertas, asientos	Trabajadores, herramientas, equipos, energía.	Ensamblaje de Automóviles (física)	Automóviles de Alta Calidad
Universidad	Bachilleres	Profesores, Computadoras, Libros. Infraestructura	Impartir Conocimientos, Habilidades y Destrezas (información)	Profesionales Competentes
Tienda por Departamentos	Compradores	Productos, Vendedores, Escaparates, Equipos de Facturación y Control.	Promoción y Venta de Productos. (intercambio)	Compradores Satisfechos

8.1.3.- La Productividad

La productividad es una medida relativa de la eficiencia con que se utilizan los recursos de una empresa, renglón industrial, o país. Es relativa en el sentido de que hay que comparar su valor con el de otra empresa o entidad similar, o en todo caso con periodos anteriores de la misma empresa, ya que por sí sola no ofrece información.

En su sentido más amplio la productividad se mide según la ecuación:

$$\Pr oductividad = \frac{\Pr oductos}{Insumos}$$

Dónde:

- Productos: son las salidas del sistema, como "unidades producidas" o "unidades vendidas".
- Insumos: son las entradas del sistema, como "mano de obra" o "materia prima".

Es importante destacar que tanto los productos como los insumos deben estar medidos en las mismas unidades: bolívares, horas, kilos u otros; o se estaría realizando un cálculo erróneo.

8.2.- Diseño de Plantas Industriales

El diseño de plantas industriales se refiere a todas aquellas actividades relacionadas con el desarrollo de instalaciones que permitan la utilización efectiva de personal, equipos, espacio, materiales y energía, e implica, entre otras cosas, la ubicación de la planta, la distribución del área de trabajo y la selección de los equipos de trabajo y de manejo de materiales.

8.2.1.- Ubicación de la Planta Industrial

El objetivo de ubicar la planta es el de seleccionar el lugar más idóneo que minimice los tres tipos de costos asociados: regionales, de distribución de salidas, y de distribución de entradas.

Costos Regionales	Costo de Terreno Costo de Mano de Obra Costo de energía Impuestos
Costos de Distribución de Salidas	Enviar Productos al Mercado o a otras Plantas
Costos de Distribución de Entradas	Costos de Materias Primas y Suministros

La correcta ubicación de la planta puede redundar en menores costos de producción, lo que incidirá significativamente en el precio final del producto, mejorando la competitividad de la empresa.

8.2.2.- Distribución del Área de Trabajo

La distribución del área de trabajo comprende la disposición física de las instalaciones industriales: movimiento de materiales, equipos, almacenaje, mano de obra directa y servicios de apoyo. En términos generales existen cuatro tipos de distribución del área de trabajo (ver figura 8.2):

- Distribución por Posición Fija: el producto permanece fijo debido a su tamaño o peso (p.ej. barcos, aviones, etc.), mientras que las personas y los equipos se mueven alrededor de éste.
- Distribución por Proceso (o taller de trabajo): se agrupan los equipos en áreas por funciones o procesos similares (p.ej. soldadura, pintura, estampado), mientras el producto se mueve de un área a otra hasta ser manufacturado. La distribución por proceso se utiliza cuando se fabrica un bajo volumen de productos con gran variedad de modelos (p.ej. muebles, ropa, piezas metal-mecánicas).
- Distribución por Producto (o línea continua): se organizan los equipos de acuerdo con la secuencia necesaria para producir un producto específico, con una máquina a continuación de otra. La distribución por taller de flujo se utiliza generalmente

para productos con alto volumen de producción (p.ej. cigarrillos, pañales, cerveza) y poca variedad de modelos.

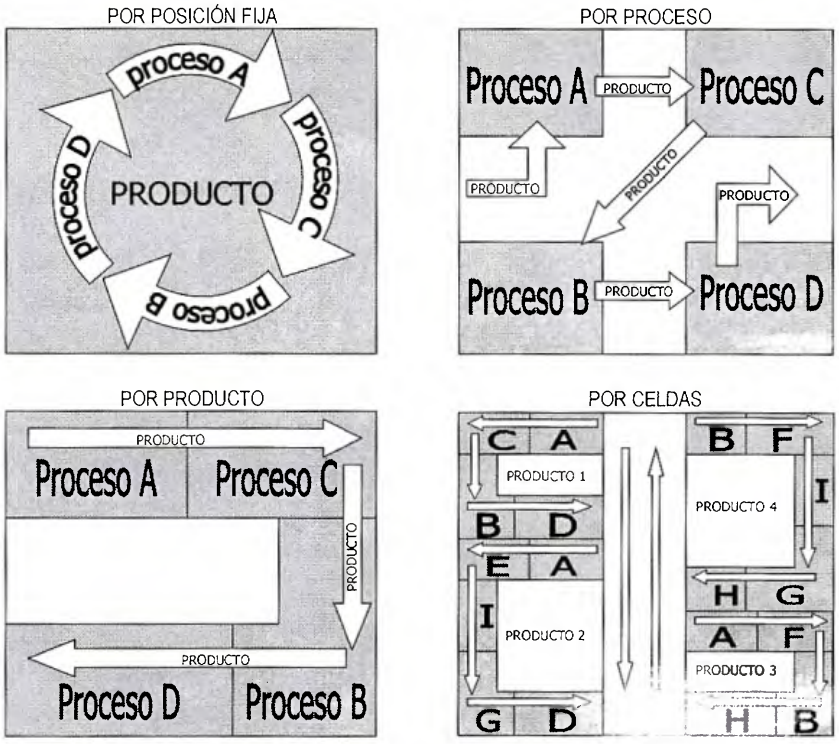


Fig. 8.2 Tipos de Distribución del Área de Trabajo

- Distribución por Celdas o Celular (también llamada Tecnología de Grupos): agrupa máquinas diferentes para trabajar sobre productos que tienen necesidades de procesamiento similares. Se parece al taller de flujo ya que cada celda está organizada internamente por producto, y al taller de trabajo porque las celdas están distribuidas en la planta según una gama limitada de productos.

8.2.3.- Equipos de Manufactura utilizados en Plantas Industriales

Los equipos a ser utilizados en una instalación industrial dependen de las características del producto a ser manufacturado, del volumen de producción (cantidad a ser producida) y del nivel tecnológico requerido. Los equipos a ser utilizados en cualquier sistema productivo se pueden clasificar en equipos de propósito general, equipos de propósito específico y robots.

- Equipos de Propósito General: se denomina de esta manera a las maquinas herramientas que realizan una función genérica o universal (p.ej. taladros, tornos, fresadoras). Normalmente son utilizadas en talleres de trabajo.

- Equipos de Propósito Específico: son aquellas máquinas desarrolladas para trabajar procesos complejos con una única función o propósito (empacadoras, laminadoras, etc.). Normalmente son utilizadas en líneas continuas de producción.
- Robots: son máquinas programables multifuncionales, capaces de mover materiales, piezas, herramientas y máquinas especializadas para el desempeño de diversas tareas. Normalmente son utilizadas en celdas de manufactura, aunque también se pueden encontrar en talleres de trabajo.

8.2.3.- Manejo de Materiales

Por manejo de materiales se entiende a todas aquellas operaciones relacionadas con el movimiento de productos en estado sólido o semisólido por medio de maquinaria, dentro de los límites de las instalaciones. Manejar material implica mover materias primas, productos en proceso, y productos terminados en sentido horizontal, vertical, o ambos, para la carga y descarga hacia o desde estaciones de trabajo, almacenes, y zonas de acopio (embarque y desembarque).

Es importante diferenciar el manejo de materiales del transporte, que ocurre entre los proveedores de materias primas y las instalaciones industriales, o entre esta última y los clientes (mayoristas, minoristas o consumidores).

8.2.4.- Equipos para el Manejo de Materiales

En el mercado existe una gran variedad de equipos para el manejo de materiales, sin embargo es posible clasificarlos en tres tipos principales: transportadores, grúas y vehículos. Cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas, dependiendo de las características del producto que se va a manejar, el tamaño de las instalaciones y la naturaleza del proceso productivo.

- Transportadores: se utilizan para mover materiales en forma continua sobre una ruta fija. Entre los principales transportadores están: los de rodillo, de bandas y de tobogán.
- Grúas: son aparatos para levantar y mover materiales de forma intermitente. Entre los principales están las grúas de puente, de monorriel y los montacargas.
- Vehículos: son carros de carga a mano o motorizados que mueven materiales en rutas variables. Entre estos están los carretones de mano, montacargas de horquilla y los trenes de remolque.

9. Introducción a la Investigación de Operaciones y las Técnicas de Simulación.

9.1.- Investigación de Operaciones (IO)

La actividad denominada Investigación de Operaciones (IO) se remonta a principios de la Segunda Guerra Mundial, cuando las Fuerzas Armadas Británicas llamaron a un grupo de científicos para aplicar el método científico al problema de asignar recursos escasos a las operaciones militares en desarrollo.

En aquel momento los británicos estaban sitiados por las fuerzas alemanas y tuvieron que optimizar los escasos recursos disponibles entre todas las operaciones militares que se estaban desarrollando. La aplicación de las técnicas de IO permitió mejorar el manejo de las operaciones antisubmarinas y de protección, que jugaron un papel importante en la batalla del atlántico norte; también se desarrollaron métodos efectivos en el uso del nuevo radar, contribuyendo al triunfo del combate aéreo británico.

El éxito de la IO en las aplicaciones bélicas generó un gran interés dentro de las organizaciones de la Post guerra, ya que los problemas empresariales eran similares a éstos, aunque en un contexto diferente. Para 1950 ya se había introducido la IO en la industria, los negocios y los gobiernos. El nombre permaneció, aunque ya no dentro del contexto militar.

9.1.1.- Definición

Como lo dice su nombre, la Investigación de Operaciones significa "investigar las operaciones o actividades" de conducción y coordinación dentro de una organización. La palabra "Investigación" en el nombre, significa que se utiliza un enfoque similar al llevado a cabo en los campos científicos establecidos:

1. Formulación del problema: observación cuidadosa y recolección de datos.
2. Construcción del modelo científico: por lo general un modelo matemático que representa el problema real.
3. Validación de la hipótesis: en la que se realizan experimentos para probarla y verificarla.

9.1.2.- Aplicaciones

La Investigación de Operaciones ha tenido un impacto impresionante en el mejoramiento de la eficiencia de numerosas organizaciones en todo el mundo. Como ejemplo, en la tabla 5.1 se indican las experiencias que algunas empresas han tenido en la aplicación de esta herramienta, así como los beneficios obtenidos.

Tabla 5.1: Ejemplos Empresariales del Impacto de la IO

Organización	Aplicación	Ahorros Anuales
Delta Airlines	Maximización de Ganancias a partir de la Asignación de los tipos de aviones en 2500 vuelos. Delta Airlines tiene 450 aviones de varios tipos que debe utilizar en 2500 vuelos diarios en USA, el problema estriba en asignar el avión correcto a cada ruta para evitar dejar clientes potenciales en tierra, mientras otros aviones vuelan con los asientos vacíos.	$100 MM
San Francisco Police Dep.	Optimización de la Programación y Asignación de oficiales de patrulla. El Dpto. de Policía de San Francisco definió un modelo de IO para asignar la ubicación de oficiales de patrullas en base a un nivel deseado de protección, balanceó la carga de trabajo entre oficiales, y simultáneamente minimizó el número de oficiales necesarios para cumplir con los primeros dos objetivos.	$11 MM
IBM	Integración de una red de nacional de inventario de repuestos para mejorar la atención del servicio. IBM logró con este estudio de IO integrar su red nacional de inventarios de repuestos reduciendo al mismo tiempo los inventarios en $250 MM. El proyecto permitió un control óptimo del nivel de servicio y los inventarios de toda la red de repuestos de IBM en USA, que incluye dos almacenes centrales automatizados, docenas de centros de distribución y miles de centros externos de atención al cliente.	$20 MM
Netherlands Rijkswaterstaat	Desarrollo de la Política Nacional de Administración del Agua. La oficina de control de aguas y servicios públicos del gobierno de Holanda elaboró un sistema de 50 modelos de IO en el desarrollo de una nueva política de administración del agua del país.	$15 MM

9.1.3.- Método de Resolución Gráfico de Programación Lineal

Existen variados métodos para la resolución de problemas en Investigación de Operaciones. La Programación Lineal es una metodología que busca resolver el problema general de asignar eficientemente recursos limitados entre operaciones o actividades que compiten entre sí. Este tipo de solución se puede aplicar a un sinnúmero de problemas: asignación de instalaciones de producción a un producto, selección de una cartera de inversiones, planificación agrícola, diseño de una terapia de radiación y otros.

Para resolver un problema utilizando la programación lineal (y en general cualquier problema de IO) se debe construir un modelo matemático que represente el objetivo buscado y las variables involucradas. El modelo matemático de un problema industrial es el sistema de ecuaciones y expresiones matemáticas que describen su esencia. Éste está conformado por:

- La función objetivo: que expresa la medida de desempeño del problema.
- Las variables de decisión: para las que se deben determinar los valores óptimos; y
- Las restricciones: que son las limitaciones impuestas sobre las variables de decisión.

El método gráfico de programación lineal es una metodología sencilla que puede ser utilizada cuando los problemas tienen 2 variables de decisión.

Los pasos para resolver mediante el método gráfico un problema de programación lineal son los siguientes:

1. Establecer la función objetivo, las variables de decisión y las restricciones del problema.
2. Graficar las restricciones en el plano cartesiano de las variables de decisión e identificar la región factible de solución.

3. Identificar el punto en la región factible que optimiza (maximiza o minimiza) la función objetivo del problema.

9.1.4.- Ejemplo de Solución Gráfica del Método de Programación Lineal

Se determina la solución óptima al problema planteado de Selección de Bloques de Trabajo mediante el método gráfico de Programación Lineal.

Selección de Bloques de Trabajo

Un estudiante universitario está buscando trabajar en horas y días que no coincidan con su horario de estudios. Después de haber recorrido varios centros comerciales se ha decidido por dos posibles opciones con horario flexible en los cuales podría trabajar: (1) como ayudante de cocina en un restaurante de comida rápida y (2) como dependiente en una tienda por departamentos. En ambas opciones le piden cumplir con bloques mínimos de cuatro turnos de trabajo de cuatro horas cada uno, que pueden ser mezcla de horarios matutinos, vespertinos, o fines de semana. Los horarios de los distintos turnos se indican a continuación:

- *Matutino – de 8:00 am a 12:00 m cualquier día de lunes a viernes.*
- *Vespertinos – de 12:00 m a 4:00 pm cualquier día de lunes a viernes.*
- *Fines de semana – de 4:00 a 8:00 pm los días sábados.*

En el restaurante de comida rápida le piden trabajar tantos bloques al mes como desee de 3 turnos matutinos y 1 turno de fin de semana; mientras que en la tienda por departamentos le piden trabajar al mes tantos bloques como le convenga de 2 turnos matutinos y 2 turnos vespertinos. El pago por un bloque de trabajo en el restaurante es de $30 al mes, mientras que la remuneración por un bloque laborado en la tienda por departamentos es de $50 mensuales.

Dado que el estudiante tiene un horario de clases con dos tardes a la semana completamente ocupadas y una mañana a la semana con clases de laboratorio cada quince días, éste podría trabajar hasta 18 turnos matinales y 12 turnos vespertinos mensuales. Como no tiene planificadas actividades para los días sábado podría trabajar hasta 4 turnos de fines de semana al mes.

Si el estudiante puede trabajar en cada uno de los dos empleos y desea utilizar al máximo sus horas libres ¿Cuál será la mejor combinación de bloques de trabajo para que pueda maximizar sus ingresos?

Tabla 9.1: Resumen de los Datos para el Problema de la selección de Bloques de Trabajo

	Bloques de Trabajo según Empleo		Turnos disponibles al mes según el horario de clases
Turno	Restaurante	Tienda por Departamentos	
Matutino	3	2	18
Vespertino	0	2	12
Fin de Semana	1	0	4
Ganancia por Bloque	$30	$50	

R:

Si llamamos a:

X: número de Bloques trabajados en el Restaurante al mes
Y: número de Bloques trabajados en la Tienda al mes
Z : ganancia mensual total en decenas de US$.

El objetivo es determinar los valores de X y Y, tal que:

*Maximizar: Z = 3*X + 5*Y (en decenas de US$)*

Sujeto a las restricciones:

$X \leq 4$ → *Turnos Disponibles los Fines de Semana al Mes*
$+ \; 2*Y \leq 12$ → *Turnos Vespertinos Disponibles al Mes*
$3*X + 2*Y \leq 18$ → *Turnos Matutinos Disponibles al Mes*

$X \geq 0$ *y* $Y \geq 0$ → *Los bloques trabajados el mes deben se mayores o iguales a cero.*

La solución Gráfica del Problema de Programación Lineal es:

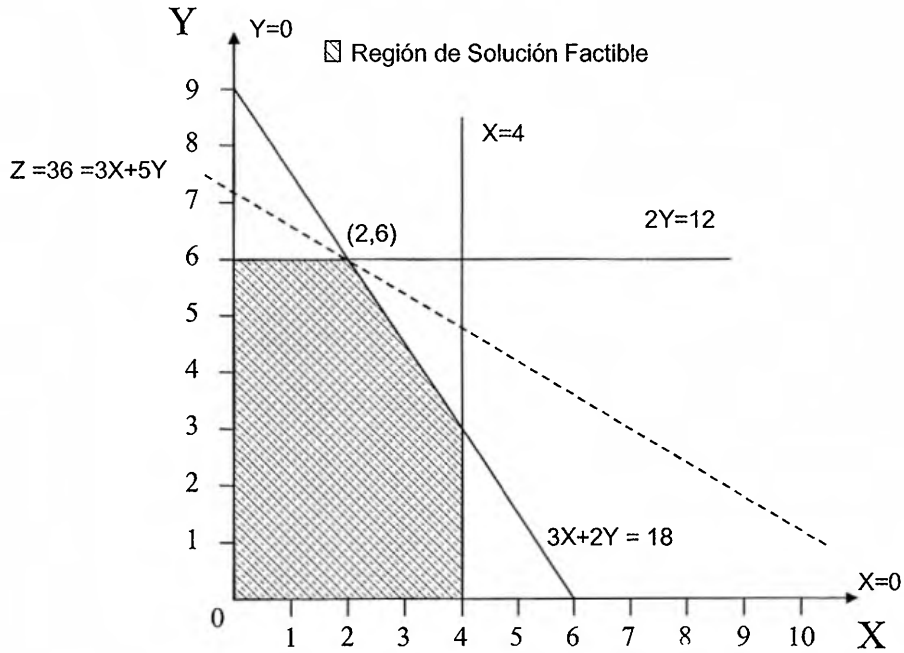


Fig. 9.1 Solución Gráfica del Problema de Programación Lineal de la Selección de Bloques de Trabajo

*Donde el valor que maximiza el ingreso del estudiante es Z = 3*X + 5*Y, es (2 ,6); con Z = 36.*

La solución óptima indica que si el estudiante quiere obtener el mayor ingreso posible sin interferir con sus horas de clase, podría ganar hasta $360 mensuales trabajando 2 bloques al mes en el restaurante de comida rápida y 6 bloques al mes en la tienda por departamentos, para un total de 18 turnos matutinos, 12 turnos vespertinos y 2 turnos de fin de semana.

9.2.- Técnicas de Simulación

Es un término muy amplio para referirse a un conjunto de enfoques para el planteamiento y resolución de problemas.

9.2.1.- Definición

Por lo general simular significa generar un modelo para ser ejecutado en una computadora, que imite la operación de un proceso o sistema real. Para entender el concepto de simulación es necesario aclarar algunas definiciones:

- Sistema: es un conjunto de elementos interrelacionados que siguen un conjunto de reglas, con finalidad de obtener un resultado específico.
- Modelo: es una abstracción y simplificación del sistema que se diseña o estudia, como una aproximación o sustitución del sistema mismo.

Antes de que las computadoras fuesen tan rápidas y baratas como hoy en día se utilizaba la simulación con modelos físicos (aviones, instalaciones industriales, etc.), los cuales normalmente estaban hechos a escala del sistema real. En la actualidad se utilizan modelos computarizados (lógico - matemáticos), que suelen resultar más económicos y flexibles que los sistemas físicos.

9.2.2.- Áreas de Aplicación

Los sistemas se modelan para estudiar su comportamiento con la finalidad de diseñarlos, medirlos, mejorarlos o controlarlos. La simulación por computadoras es una técnica excepcional por la versatilidad de sistemas que se pueden estudiar; la tabla 9.2 muestra algunos sistemas de interés y sus principales parámetros.

Tabla 9.2: Áreas de Aplicación de la Simulación por Computadora

Sistema	Entidades	Recursos	Actividades	Variables de Estado
Producción	Materias primas	Máquinas, obreros	Cortar, doblar, soldar, ensamblar, pintar, etc.	Ocupación de máquinas y obreros. Cantidad Producida al día, etc.
Banca	Clientes, información	Cajeros, computadoras	Depósito, cobro de cheque, solicitud de información, chequera	Tiempo de espera de los clientes, ocupación de los cajeros, número de clientes en cola, etc.
Políticas Públicas	Ciudadanos	Tribunales, policías prisiones, hospitales	Proteger a ciudadanos , reeducar criminales. Impartir justicia, etc.	Ocupación de tribunales, policías, prisiones y hospitales.
Distribución y Logística	Cajas, paquetes	Camiones, conductores.	Transportar, cargar, descargar, etc.	Unidades transportadas por semana , ocupación de camiones, etc.
Salud	Pacientes	Médicos, equipos, camas, enfermeras	Operar, radiografiar, inyectar, enyesar, etc.	Ocupación de los médicos, camas, equipos y enfermeras; tiempo de espera de los pacientes.

Los parámetros del sistema se pueden definir de la siguiente manera:

- Entidades: representan a los objetos que se mueven a lo largo del sistema.
- Recursos: son elementos fijos de un sistema que pueden ser ocupados por las entidades.
- Actividades: son las operaciones realizadas sobre las entidades utilizando los recursos.
- Variables de Estado: son parámetros que identifican el desempeño de las entidades y los recursos dentro del sistema.

9.2.3.- Simulación por Computadora

La simulación por computadoras son un conjunto de métodos para estudiar una gran variedad de modelos de la realidad utilizando evaluaciones numéricas gracias a un programa o "software" que imita las operaciones y características del sistema a lo largo del tiempo. También es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado del sistema y de efectuar experimentos numéricos en él.

Los modelos computarizados operan de forma probabilística en la simulación de sistemas estocásticos; esto es, se utilizan distribuciones de probabilidad para generar eventos aleatorios. La computadora puede simular años de operación del sistema en cuestión de segundos, por lo que después de múltiples corridas se obtienen distintas estadísticas del desempeño del sistema, como resultado de los diferentes eventos generados de manera aleatoria.

9.2.4.- Ventajas y Desventajas

A veces es posible probar ideas en el sistema directamente, en estos casos no es necesario simular; pero otras veces es imposible porque el sistema no existe, es muy complejo, o es muy caro hacerlo, en estos casos tiene cabida la simulación. En la tabla 9.3 se indican las ventajas y desventajas de simular con computadoras.

Tabla 9.3: Ventajas y Desventajas de la Simulación por Computadora

Ventajas	Desventajas
• Se puede experimentar sin interrumpir las operaciones del sistema real. • Se pueden modificar los recursos sin incurrir en el costo de despedir personal o adquirir nuevos equipos. • Se pueden probar hipótesis de porqué ocurren ciertos fenómenos en el sistema real. • Se pueden simular periodos de tiempo extremadamente grandes en pocos minutos. • Se puede obtener comprensión sobre la interacción entre variables y su efecto en el sistema.	• El proceso de modelado y análisis puede ser largo y costoso. • Se requiere de mano de obra especializada para diseñar un modelo de simulación. • Los resultados pueden ser difíciles de comprender (para esto también se necesita de mano de obra experta). • Es necesario validar los modelos con el sistema real, para lo cual se necesita de data estadística que no siempre está disponible.

10. La Gerencia Industrial

El ingeniero industrial está en la capacidad de formular, iniciar y dirigir una empresa industrial o comercial gracias a los conocimientos que posee tanto en el área técnica como en aquellas relacionadas con el ámbito administrativo y gerencial. Por esta razón, se espera que los egresados de la carrera sean emprendedores que innoven en la producción de bienes o la prestación de servicios, tanto para el mercado local como para el de exportación.

10.1 La Empresa

En términos generales una empresa es una organización de propiedad pública o privada que mediante la combinación de factores productivos, tiene como objeto extraer, fabricar, y/o distribuir mercancías o proveer servicios a un mercado determinado, a cambio de un beneficio.

10.1.1 Clasificación de las Empresas

Las empresas se pueden clasificar de distintas formas, según su función económica, forma jurídica, tamaño, origen del capital, y otras.

- Por su Función Económica: se basa en el tipo de actividad económica desempeñada por la empresa, entre las que están: de extracción (minería, petróleo), manufactureras, comerciales (exportadoras e importadoras) y de servicios.
- Por su Forma Jurídica: tienen características legales distintas que las diferencian en los trámites para constituirlas, las obligaciones fiscales y laborales; y se clasifican en civiles (normalmente sin fines de lucro) y mercantiles (con fines de lucro).
- Por su Tamaño: dependen de la cantidad de trabajadores que emplean y se han clasificado según el número de empleados en: micro (menos de 9), pequeñas (entre 10 y 49), medianas (de 50 a 249) y grandes empresas (más de 250 trabajadores).
- Por el Origen de su Capital: depende de si fueron fundadas con capital público (del estado), privado (personas naturales y/o sociedades) o mixto.

10.1.2.- Tipos de Empresas

Las empresas se desenvuelven en el marco legal del país dónde operan, por lo que las leyes (código civil, código de comercio, etc.) limitan los distintos tipos de empresas que se pueden conformar. Desde el punto de vista legal, en Venezuela se permiten las empresas mercantiles del tipo: individual, de sociedades personales y de sociedades capitales.

- Empresa individual: están conformadas por un único dueño, y son de fáciles de fundar porque no requieren de formalismos legales. Su propietario debe responder ilimitadamente por todas las obligaciones de la empresa.
- Sociedades Personales: están conformadas por dos o más personas (naturales o jurídicas) que aportan capital y trabajo. A su vez tienen personalidad jurídica propia, es decir, un ente con deberes y derechos. Tienen razón social, requieren de un contrato de sociedad y tienen responsabilidad solidaria e ilimitada por parte de sus propietarios.
- Sociedades Capitales: están constituidas por dos o más personas (naturales o jurídicas) que aportan capital representado en acciones o cuotas de participación. Requieren de una constitución y estatutos registrados por un juez de comercio. La responsabilidad de los accionistas está limitada al capital suscrito, por lo que éstos no tienen responsabilidad personal sobre la empresa.

10.1.3.- La Organización Empresarial

La organización de una empresa se realiza mediante la estructura organizativa, un esquema que establece cómo se relacionan y comunican los distintos elementos que la componen y las funciones que éstos desempeñan. El organigrama es un gráfico en el que se esquematiza la organización de una empresa o departamento, y en él se pueden observar las dependencias y funciones existentes. La figura 10.1 muestra los típicos organigramas de una empresa de manufactura y de un banco comercial (empresa de servicios).

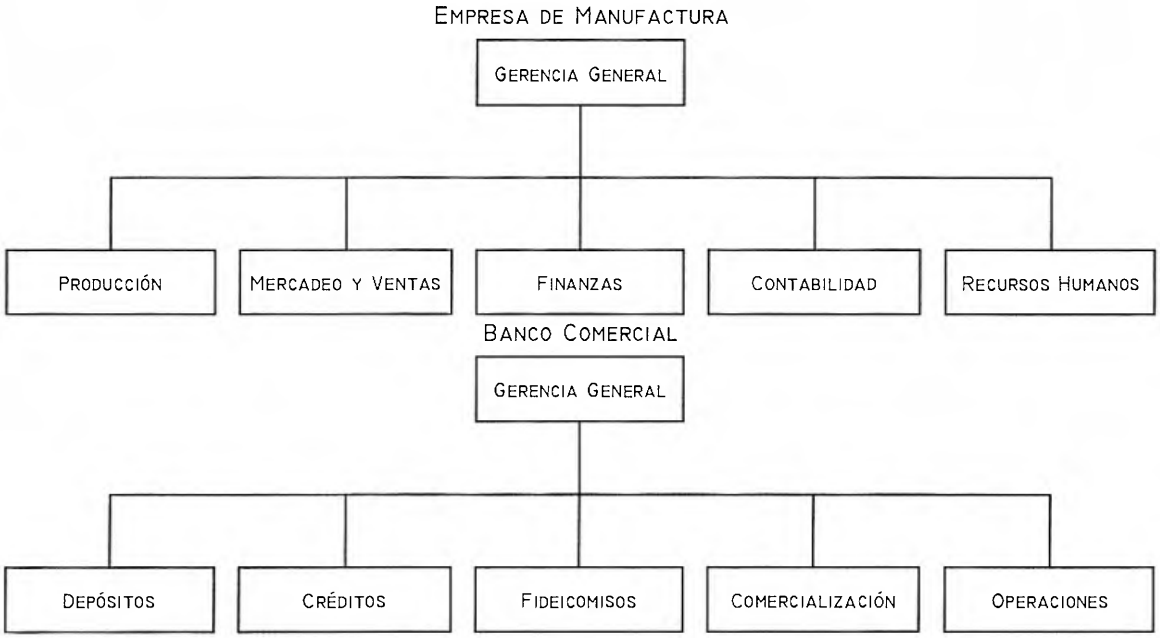


Fig. 10.1: Ejemplo de Organigramas: de una empresa de manufactura y de un banco comercial.

10.2.- Las Finanzas

El objeto de toda empresa es el de maximizar el beneficio de sus propietarios o accionistas, y en la gran mayoría de los casos esto se traduce en obtener ingresos económicos o utilidad. La utilidad se define como el aumento de la riqueza de los inversionistas y es lo opuesto la pérdida neta, que consiste en la disminución del patrimonio o riqueza de estos.

La utilidad de la empresa se calcula como la diferencia entre los ingresos y los costos y gastos de ésta, una vez deducidos los impuestos; entendiéndose por cada uno de estos términos lo siguiente:

- Ingresos: se refiere a las cantidades y precios de las mercancías o servicios vendidos por la empresa durante un periodo determinado. Los ingresos pueden ser en efectivo (cuando se cobra una factura de venta) o una cuenta por cobrar (cuando se emite una factura a 15, 30, 45 o más días).
- Costos: es el valor en dinero de todos los recursos utilizados en forma directa para producir el bien o el servicio, e incluye la mano de obra, materias primas y depreciación (desgaste) de las maquinarias, equipos e instalaciones.
- Gastos: son todas aquellas erogaciones de dinero asociadas con la producción pero que no forman parte del costo, como actividades administrativas y de comercialización.
- Tarifas e Impuestos: es el sacrificio monetario que cada ciudadano debe realizar para vivir en sociedad y se clasifican en: impuestos a la actividad (como el impuesto sobre la renta o ISLR), impuestos locales (como la patente de industria o los impuestos municipales) y los impuestos generales (como el impuesto al valor agregado o IVA).

10.3.- La Contabilidad

La contabilidad es la disciplina administrativa que registra, clasifica y resume las transacciones de índole financiera de una entidad económica (persona, empresa, gobierno, etc.). La contabilidad es usada para el cálculo de los impuestos de ley, aunque también sirve como una excelente herramienta de control y planificación de la empresa. Los estados financieros más utilizados para determinar el estado financiero de una empresa son el balance general y el estado de ganancias y pérdidas, mientras que el libro diario es una herramienta de registro secuencial de todas las operaciones financieras realizadas por ésta.

10.3.1.- El Balance General

El balance general muestra el estado financiero de un negocio en un instante particular. Éste tiene dos secciones que se contrapesan, el de los activos, que representan los recursos económicos de

la empresa, y el de los pasivos y el capital contable, que representan los reclamos hechos contra estos recursos.

- Los activos se dividen según su liquidez, es decir, según la facilidad para transformarlo en dinero, en activo fijo y activo circulante; el primero está compuesto de la caja (dinero en el banco), las cuentas por cobrar (lo que nos deben los clientes) y los inventarios de materias primas y productos terminados; mientras que el segundo se refiere a los terrenos y edificios, y a las maquinarias y equipos de la empresa.
- Los pasivos son las obligaciones económicas que tiene la organización (como los préstamos bancarios, las deudas a proveedores y los impuestos), mientras que el capital contable son las cantidades invertidas por el o los propietarios más las utilidades o pérdidas que haya obtenido el negocio en el tiempo.

Las partidas del balance general forman parte de la ecuación del balance general, que indica que:

Activos = Pasivo + Capital

Implicando que las reclamaciones hechas por los terceros y propietarios de la empresa en el lado derecho de la ecuación deben corresponderse en todo momento con los activos totales indicados en el lado izquierdo de la misma.

10.3.2.- El Estado de Ganancias y Pérdidas

El estado de ganancias y pérdidas llamado también estado de resultados es, al igual que el balance general, un estado financiero básico que registra los ingresos y gastos pertenecientes a un periodo específico, por lo que mide el desempeño de la empresa durante un lapso de tiempo: mes, trimestre, semestre u otro. En el estado de resultados se puede observar la utilidad neta, descrita en el aparte 10.2: *Las Fianzas*.

10.3.3.- El Libro Diario

Es un registro cronológico y completo de todos los eventos financieros que ocurren en una empresa. El proceso de registrar transacciones en el libro diario se denomina "asentar en el diario", dónde por transacción entendemos a un evento que afecta la posición financiera de una entidad.

El método que se utiliza para registrar todas las transacciones contables es el sistema de "partida doble" en el que siempre se ven afectadas por lo menos dos cuentas por cada transacción. Las cuentas T (tienen la forma de una T mayúscula) dividen los asientos en dos lados para registrar los aumentos (debe) y las reducciones (haber), mientras que el nombre de la cuenta se coloca sobre su parte superior. Cada transacción requiere de dos partidas que se contrapesan, de manera que los activos totales sean siempre iguales a los pasivos totales más el capital contable, por lo que siempre están involucradas al menos dos cuentas.

10.4.- La Producción

La producción es la actividad mediante la cual el hombre transforma un conjunto de insumos en un producto deseado para la satisfacción de sus necesidades, según se explica en el aparte 8.1 del capítulo 8. Desde el punto de vista económico la producción está relacionada con el ciclo de conversión de activos, que es el tiempo que transcurre desde el momento que invertimos una suma de dinero en la empresa hasta el momento en que recibimos nuevamente ese dinero incrementado con los beneficios. El tiempo de recuperación del activo fijo (p.ej maquinaria), llamado ciclo de recuperación de capital, es mucho más lento que el tiempo de ciclo operación de la empresa (ver figura 10.2), en el que el dinero invertido es transformado en productos para la venta, que después de ser cobrados se convierten nuevamente en efectivo.

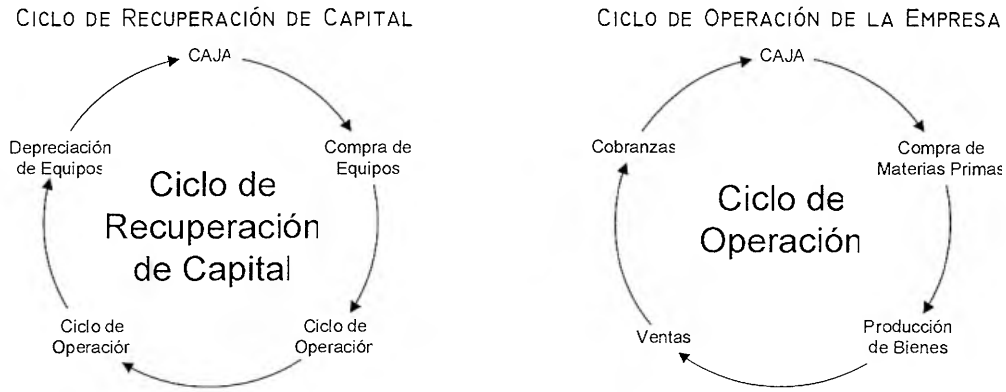


Fig. 10.2: Ciclos Financieros de Producción: de Recuperación de Capital y de Operación de la Empresa.

10.5.- El Mercadeo y las Ventas

Toda empresa existe porque su oferta de productos satisface una demanda, es decir, un mercado determinado. La demanda de un producto depende de lo que se ha denominado las cuatro P's de la mercadotecnia: producto, puesto, promoción y precio. El término producto se refiere a las características de éste; el puesto se refiere a la posibilidad de acceder físicamente al producto con cierta facilidad (los canales de distribución); la promoción significa conocer su existencia y sus atributos gracias a la publicidad; y el precio se refiere al costo final que tendrá el producto para el consumidor.

10.5.1.- La Oferta, la Demanda y los Precios

Todo producto tiene una determinada oferta originada por los productores y al mismo tiempo tiene una demanda solicitada por los consumidores, el precio actúa como regulador entre ambos lados del mercado. La oferta es la función que relaciona los diferentes volúmenes de un producto que pueden venderse con los precios que tendrán en el mercado. Si la oferta de un producto disminuye en el mercado éste tenderá a aumentar de precio, y viceversa. La demanda es una función matemática que relaciona los diferentes volúmenes de la demanda de un producto con la variación

que esto produce en los precios. Si los compradores deciden aumentar la demanda de un producto determinado éste tenderá a aumentar de precio, y viceversa.

La demanda, la oferta y los precios están íntimamente relacionados y son los que regulan y estimulan la economía, en el que las fuerzas de la demanda y la oferta tienden al equilibrio en un valor de precios (ver figura 10.3).

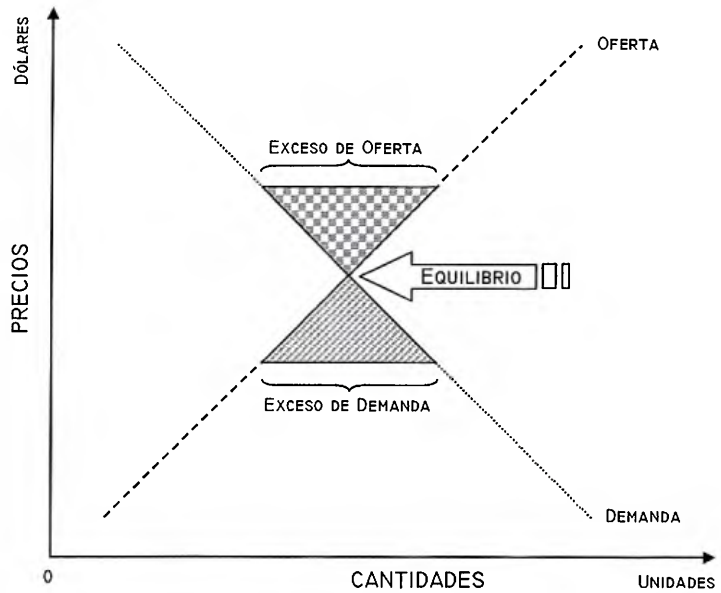


Fig. 10.3 La Oferta, la Demanda y el Precio de Equilibrio.

La subida de los precios en una economía es conocida como inflación y ocurre por el aumento de los costos empresariales, un incremento excesivo de la demanda o un crecimiento incontrolado de la cantidad de dinero que supera a los bienes y servicios ofertados (dinero inorgánico), ocasionando en cualquiera de los casos la disminución del poder adquisitivo de los compradores.

10.4.- Recursos Humanos

El elemento más importante de todo sistema productivo es el recurso humano. Las actividades de relaciones industriales o recursos humanos en una empresa involucran la selección y empleo de los trabajadores, su capacitación y adiestramiento, la organización del trabajo, la administración de los sistemas de remuneración (incluyendo planes y beneficios), la negociación de contratos colectivos, atención de quejas y reclamos, las relaciones institucionales y en general el desarrollo organizacional de la empresa. Dado que el ingeniero industrial tiene normalmente bajo su mando a personal de la empresa, generalmente del área operativa o de producción, éste se ve involucrado en muchas de las actividades antes mencionadas.

Desde el punto de vista gerencial la administración del recurso humano es tanto un arte como una ciencia, que puede significar el éxito o fracaso de cualquier empresa tanto industrial como comercial.

10.6.- El Entorno Empresarial: la Banca, el Estado y los Sindicatos

La actividad empresarial está enmarcada en la sociedad, en la que el Estado, los Sindicatos y la Banca, entre otros grupos de interés, tienen gran influencia. Cada uno de estos entes puede ser descrito desde el punto de vista gerencial de la siguiente manera.

10.6.1.- El Estado

La intervención del estado se manifiesta en toda economía mediante los impuestos de ley, el gasto público y las regulaciones. En nuestro país los principales impuestos y sus tasas son: el Impuesto al Valor Agregado (IVA) en 14%, el Impuesto Sobre la Renta (ISLR) que depende del enriquecimiento anual neto (Unidades tributarias) y va desde 0% hasta 34%, y los impuestos municipales que varían según la región . El gasto público se refiere a la forma en que el gobierno revierte estos impuestos a la sociedad en educación, salud, infraestructura (como carreteras, represas), seguridad, pensiones, y otros, y su objetivo es el de redistribuir la riqueza de los que más tienen a los que menos ingresos obtienen. Las regulaciones que ejerce el estado pueden ser de índole monetaria (control cambiario, fijación de tasas de interés, etc.), en los salarios (como el salario mínimo, la inamovilidad laboral, etc.), y en cualquier otra área de la economía que requiera ser normada en beneficio de la población.

10.6.2.- Los Sindicatos

Las confederaciones de trabajadores o sindicatos son organizaciones que agrupan a los trabadores según su actividad económica (como construcción, empleados públicos, maestros, etc) y su función es la de mejorar las condiciones de trabajo (sueldos, prestaciones, vacaciones, etc) de las personas que representan mediante la negociación con los empresarios y el gobierno.

10.6.3.- La Banca

El sistema financiero de un país cumple con las función de captar los fondos de los ahorristas mediante el pago de un interés (tasa pasiva) y de prestar esos fondos a empresas y personas cobrando un interés mayor al anterior (tasa activa). Adicionalmente, emiten y son garantes de instrumentos similares al papel moneda (como cheques, bonos y acciones) y actúan como agentes de pago y cobro, nacional e internacionalmente.

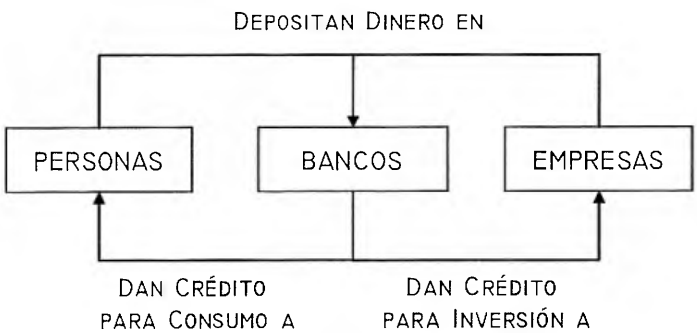


Fig. 10.4 La Función Intermediaria de las Instituciones Financieras.

11. Asociaciones e Institutos

El estudiante de ingeniería industrial de la UCAB debe complementar su formación académica participando en asociaciones e institutos que ampliarán su visión de lo que significa el ejercicio de la profesión; además, debe saber reconocer todas las fuentes de información relacionadas con su carrera, ya que como profesional estará obligado a actualizarse continuamente en las nuevas técnicas y conocimientos de la ingeniería industrial.

11.1.- Centro de Estudiantes de Ingeniería de la UCAB (CEI-UCAB)

11.1.1.- Origen

CEI-UCAB

El Centro de Estudiantes de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello (CEI-UCAB) es elegido por los estudiantes activos de las distintas escuelas de ingeniería mediante elecciones "'libres, secretas, universales y directas'", realizadas en el mes de mayo de cada año. Los grupos de estudiantes se postulan ante los electores mediante "planchas" que compiten entre ellas para obtener un mandato de un año de duración.

11.1.2.- Misión

"El Centro de Estudiantes de Ingeniería es una organización político-estudiantil destinada a velar por los intereses de los estudiantes de las carreras de ingeniería (Civil, Industrial, Informática y Telecomunicaciones), mediante la canalización de sus iniciativas y dudas, con el fin de colaborar con el mejor desempeño en las actividades tanto académicas como extra académicas y sirviendo, a la vez, como nexo entre los estudiantes y las autoridades de la Facultad."

"Visualizamos al Centro de Estudiantes de Ingeniería como una organización de servicios y acción, representativa de los intereses estudiantiles y promotora del ingeniero necesario para la Venezuela posible."

11.1.3.- Objetivos Específicos

- Representar los intereses e iniciativas de los estudiantes de ingeniería.
- Estimular eficientemente la participación estudiantil en asuntos de interés colectivo.
- Servir como canal de comunicación entre estudiantes, profesores, autoridades e instituciones.
- Esforzarnos, a través del ejemplo, por conquistar el lugar de primacía que merece la ingeniería en nuestro país.

11.1.4.- Actividades

Entre las principales actividades que realiza el CEI están: el Show de Ingeniería (el último día de clases del mes de Diciembre) y las Jornadas de Ingeniería Industrial (primera semana del mes de junio).

11.1.5.- Contactos

www.ucab.edu.ve →La UCAB →Asociaciones Estudiantiles →Centro de Estudiantes de Ingeniería

11.2.- Fundación Comité Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial (FCNEII)

11.2.1.- Misión

"Que el estudiante de ingeniería industrial complemente sus estudios técnicos profesionales con el desarrollo de habilidades para un mejor manejo de las relaciones interpersonales y la gerencia eficientemente una organización, para desenvolverse mejor en el puesto en que se desempeña."

11.2.2.- Visión

"Contribuir con el desarrollo personal y profesional del ingeniero industrial desde la óptica humana de la organización, sustentándose en la base del Capital Social."

11.2.3.- Objetivo General

Generar un espacio de participación que permita a la comunidad de Ingeniería Industrial, mostrar su potencial investigativo, emprendedor y de liderazgo mediante el trabajo en equipo y hacer frente a los nuevos retos del mercado competitivo nacional e internacional.

11.2.4.- Objetivos Específicos

- Divulgar e integrar la labor investigativa, académica y comunitaria que llevan a cabo los distintos sectores que desarrollan la Ingeniería Industrial y Carreras Afines a nivel nacional.
- Brindar al estudiante de ingeniería industrial nuevas herramientas orientadas hacia el desarrollo regional dentro del nuevo entorno económico empresarial latinoamericano con sus nuevas variables (Tratado de Libre Comercio, Asociación de Libre Comercio de las Américas, integración andina de países, etc.)
- Lograr el intercambio académico y cultural entre las distintas delegaciones a través de jornadas de mesas de trabajo y demás actividades de interacción colectiva.
- Facilitar la difusión del conocimiento y lograr la colaboración entre los sectores industriales, universitarios y gubernamentales a nivel nacional.

11.2.5.- Actividades

El FCNEII organiza el Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial (CONEII) desde el año de 1991, con el objetivo de compartir conocimientos entre las diferentes Universidades del país que dictan la carrera de Ingeniería Industrial y carreras afines. Este Congreso se realiza una vez al año, durante la primera semana del mes de octubre.

11.2.6.- Contactos

www.coneii.com

11.3.- Asociación Latinoamericana de Ingeniería Industrial y Afines (ALEIIAF)

11.3.1.- Origen

En 1991 se funda la Asociación Latinoamericana de Ingeniería Industrial y Afines (ALEIIAF) gracias al impulso de estudiantes de casi todos los países de América Latina y el Caribe. Siendo su principal objetivo el de promover el intercambio cultural y tecnológico entre estudiantes latinoamericanos y del Caribe de ingeniería industrial y así contribuir al desarrollo de nuestros países.

11.3.2.- Misión

Somos una gran familia conformada por los estudiantes de Ingeniería Industrial y ramas afines de Latinoamérica y El Caribe, que busca la excelencia en el nivel académico y la integración cultural mediante el uso y difusión de herramientas técnicas y tecnológicas en eventos que propicien un espíritu creativo, analítico e investigador, con el fin de contribuir al desarrollo de nuestros países.

11.3.3.- Visión

"Consolidarnos como la institución líder en brindar las herramientas necesarias a los estudiantes universitarios, para propiciar un espíritu creativo, analítico, investigador e integrador en todos los países de Latinoamérica y el Caribe, creando Conciencia de una gran Nación Latinoamericana".

11.3.4.- Objetivos Específicos

- Promover diferentes eventos de carácter académico, tecnológico, cultural y social.
- Apoyar la organización y realización del Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Industrial "CLEIN", cumpliendo con los reglamentos del mismo, establecidos por la ALEIIAF.
- Crear y mantener una red de información permanente entre los miembros de la asociación.

11.3.5.- Actividades

En el corazón de la ALEIIAF nace la idea de organizar el primer Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Industrial (CLEIN), que se celebra desde el año 1992. Los objetivos del CLEIN son:

- Fortalecer e impulsar el intercambio cultural y tecnológico entre estudiantes de Ingeniería Industrial de las Universidades de Latinoamérica y del Caribe.
- Contribuir a la difusión de los avances tecnológicos en el área de Ingeniería Industrial, necesarias para formar una estructura de clase mundial.
- Promover el desarrollo y formación de individuos con alta sensibilidad social para que con su iniciativa y desempeño enfrenten la problemática económica y social de la región.
- Proponer nuevas soluciones ante los problemas actuales en Latinoamérica y el Caribe.

11.3.6.- Contactos

www.aleiiaf.net y www.clein.org

11.4.- Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV)

11.4.1.- Origen

El Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV) tiene una tradición gloriosa que remonta a los años de la Independencia. Se instala el 28 de Octubre de 1861 con 61 ingenieros adscritos, desde entonces, es largo el camino andado, que culmina con más de 120.000 ingenieros, arquitectos y profesionales afines que hoy integran el CIV.

El colegio de ingenieros es un cuerpo moral de carácter público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con todos los derechos, obligaciones, poderes y atribuciones que le señala la Ley del Ejercicio de la Ingeniería, Arquitectura y Profesiones Afines. Este organismo tiene como fin principal, servir como guardián del interés público y actuar como asesor del estado en asuntos de su competencia, fomentando el progreso de la ciencia y de la tecnología, vigilando el ejercicio profesional y velando por los intereses generales de los profesionales que agrupan en su seno y en especial por la dignidad, los derechos y el mejoramiento de sus agremiados.

11.4.2.- Misión

Promover e impulsar los conceptos básicos que regirán el desempeño del nuevo gremio, mediante el diseño y elaboración de una propuesta sobre la nueva Ley de Ejercicio de la Ingeniería y sus Reglamentos, mediante el desarrollo de un conjunto armónico de mecanismos de participación

democrática de los agremiados, facilitando modalidades organizativas necesarias para desarrollar una opinión especializada desde el ámbito tecnológico, sobre la posición del país ante el proceso de globalización mundial, impulsando procesos de evaluación y de relanzamiento de las instituciones interna del CIV, con el fin de reforzar nuestra presencia en el movimiento tecnológico nacional, creando centros de estudios, dedicadas al desarrollo de temas de interés nacional.

11.4.3.- Visión

Queremos un Colegio de Ingenieros, Arquitectos y Afines, formado sobre la base de un espacio válido para el desarrollo y crecimiento integral de nuestros profesionales, donde prevalezca el espíritu de solidaridad, respeto a los agremiados y a la Nación Venezolana, con valentía moral en lo institucional, democrático y participativo, que garantice la pulcritud en lo administrativo, fundamentado en una vocación promotora enfocada en la creación de una matriz de opinión sobre los temas más sensibles del país, consolidándonos como el catalizador fundamental en el proceso de desarrollo económico y social, realizándolo bajo el signo de la especialización, permitiendo el surgimiento de un estado promotor, estudioso, incansable de nuestras oportunidades, el cual fortalezca su propia acción en las materias de educación salud y justicia.

11.4.4.- Objetivos Específicos

El Colegio de Ingenieros de Venezuela tendrá como fines principales los siguientes:

- Servir como guardián de interés público y actuar como asesor del Estado en los asuntos de su competencia.
- Fomentar el progreso de la ciencia y de la técnica.
- Vigilar el ejercicio profesional y velar por los intereses generales de las profesiones que agrupa en su seno y en especial por la dignidad, los derechos y el mejoramiento de sus miembros.
- No podrá desarrollar actividades de carácter político, partidista o religioso, ni asumir actitudes de la índole expresada.

11.4.5.- Congresos, Cursos y Seminarios:

El Colegio de Ingenieros de Venezuela realiza periódicamente congresos, cursos y seminarios dirigidos tanto a sus agremiados como a aquellos interesados, promoviendo el desarrollo, actualización y complementación de los conocimientos relativos a la ingeniería y la arquitectura.

11.4.6.- Fundaciones

- La Fundación Juan José Aguerrevere constituye el Órgano divulgativo de ciencia y tecnología y Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela.

- La Fundación Juan Manuel Cagigal tiene como objetivo promover el mejoramiento profesional de los miembros del Colegio de Ingenieros de Venezuela a través de un Sistema de Documentación e Información.
- La Fundación Instituto de Mejoramiento Profesional del Colegio de Ingenieros de Venezuela, es un centro académico cuya responsabilidad es promover el mejoramiento del status del colegiado, a través de la actualización y complementación de su nivel de conocimiento.
- La Fundación "Fondo de Previsión Social de los Ingenieros, Arquitectos y Afines" tiene por objeto fundamental procurar el bienestar socioeconómico de los Miembros del Colegio de Ingenieros de Venezuela y de sus familiares inmediatos.

11.4.7.- Sociedades

El colegio de ingenieros agrupa todas las ramas de la ingeniería que existen en nuestro país, sin embargo, de todas las sociedades que integra la más relevante para la profesión es la Sociedad Venezolana de Ingeniería Industrial (SOVII).

Las actividades de la SOVII se fundamentan en convertir la profesión de Ingeniería Industrial y sus áreas de conocimiento en herramienta para la exitosa gestión empresarial y estatal, y de esta manera contribuir en forma significativa al bienestar de nuestro país, Venezuela.

Su misión es satisfacer las necesidades de los agremiados, empresas públicas y privadas, en el área de nuestra competencia, contando con la participación activa de sus miembros y colaboradores para generar bienes y servicios de calidad, basados en las mejores prácticas profesionales y de ésta manera contribuir al desarrollo productivo del país.

Su misión es liderar el desarrollo de la Ingeniería Industrial y de especialidades relacionadas en Venezuela, fomentando la importancia, el conocimiento y la difusión de la profesión, además de impulsar su aplicación, consultoría, educación, investigación y entrenamiento tanto en entes públicos como privados en el ámbito nacional.

11.4.8.- Publicaciones

El Colegio de Ingenieros de Venezuela publica periódicamente la "Guía Referencial de Costos de Construcción", que ofrece información sobre los costos de construcción en Venezuela.

11.4.9.- Contactos

www.civ.org.ve

11.5.- Institute of Industrial Engineers (IIE)

11.5.1.- Origen

El Instituto de Ingenieros Industriales (IIE, por sus siglas en inglés) es la sociedad profesional más grande del mundo, dedicada exclusivamente al apoyo de la profesión de la Ingeniería Industrial y a individuos involucrados en mejorar la calidad y la productividad. Fundada en 1948, el IIE es una asociación internacional sin fines de lucro que provee liderazgo en el ejercicio, educación, entrenamiento, investigación, y desarrollo de la Ingeniería Industrial.

Con más de 15.000 miembros y 280 capítulos en todo el mundo, la misión fundamental del IIE consiste en resolver las necesidades siempre cambiantes de sus miembros, que incluye a estudiantes de pre y post grado, practicantes de la profesión y consultores de todas las industrias, gerentes de ingeniería, e ingenieros en la educación, investigación y el gobierno.

11.5.2.- Misión

Proveer liderazgo en el desarrollo de la ingeniería industrial, en representar a la profesión de la ingeniería industrial, y en mejorar las capacidades de aquellos que están envueltos o dirigen la aplicación, entrenamiento, investigación o desarrollo de la ingeniería industrial.

11.5.3.- Visión

El instituto será reconocido globalmente como la principal organización de membresía para los ingenieros industriales y su profesión. El instituto valorará y servirá a sus clientes y miembros individuales y excederá sus expectativas y exigencias.

11.5.4.- Sociedades y Divisiones

Los grupos específicos por industria -o disciplina- del IIE son organizados para promover redes entre los miembros que realizan trabajos similares, o para explorar áreas de la ingeniería industrial fuera de aquellas utilizadas todos los días.

Divisiones:

- Aeroespacial y Defensa
- Construcción
- Consultoría
- Ingeniería de Diseño
- Ingeniería Económica
- Servicios Financieros
- Manufactura Esbelta
- Venta al Menudeo
- Procesos Industriales
- Industria Electrónica
- Ergonomía Aplicada
- Manufactura
- Educación
- Gobierno
- Sistemas de Producción y Control de Inventario
- Control de Calidad e Ingeniería de Confiabilidad
- Energía, Ambiente e Ingeniería de Planta
- Sistemas de Computación e Información
- Planificación y Diseño de Plantas Industriales
- Investigación de Operaciones
- Logística, Transporte y Distribución

Sociedades:

- Sociedad de Ingeniería y Sistemas Gerenciales (SEMS)

- Sociedad de Sistemas de la Salud (SHS)
- Sociedad de Ciencias del Trabajo (SWS)

11.5.5.- Conferencias y Seminarios

La Conferencia Anual del IIE es el mayor evento de redes profesionales y exposición de productos para aquellos que utilizan las técnicas de la ingeniería industrial. Profesionales alrededor del mundo presentan resúmenes de sus investigaciones, participan en talleres formativos, y reciben reconocimientos por su contribución a la profesión. Las más de 250 conferencias y múltiples talleres son designados para mantener a los miembros informados sobre tecnología y procesos actuales de la ingeniería industrial y para ilustrarlos en las últimas innovaciones de su profesión.

Otras Conferencias y Seminarios organizados por el IIE son:

- Foro Anual de Ingeniería Gerencial de la Sociedad de Sistemas de la Salud.
- Conferencia Anual de la Sociedad de Ciencias del Trabajo (SWS).
- Conferencia Anual de Ergonomía Aplicada.
- Conferencia Anual de Soluciones en Simulación
- Conferencia Anual de Soluciones Gerenciales en Manufactura Esbelta.
- Serie de Seminarios en Productividad.

11.5.6.- Publicaciones

La revista "Industrial Engineer" (Ingeniero Industrial) es la fuente de información internacional en estrategias, tecnologías, tendencia de negocios, noticias industriales y personas de interés para la profesión de la Ingeniería Industrial. Escrita por Ingenieros y gerentes responsables de reducir costos, incrementar la eficiencia y la productividad, "Industrial Engineer" presenta mensualmente las últimas noticias y reportes de temas relacionados con la Ingeniería Industrial.

"Industrial Management" (Gerencia Industrial) es una revista bimensual y la publicación oficial de la Sociedad de Ingeniería y Sistemas Gerenciales (SEMS) del IIE. Sirve a aquellos que trabajan en el área gerencial o que desean desarrollarse profesionalmente en posiciones gerenciales.

"IIE Transactions" (Transacciones del Instituto de Ingenieros Industriales) es un periódico mensual dedicado a la publicación de contribuciones originales de investigaciones de la más alta calidad. Promueve el intercambio entre investigadores y profesionales pertenecientes a la comunidad de la ingeniería industrial.

"The Engineer Economist" (El Ingeniero Economista) es un periódico cuatrimestral publicado por la División de Ingeniería Económica del IIE en conjunto con la División de Ingeniería Económica de la

Sociedad Americana para la Educación en Ingeniería. Es la única publicación enfocada al campo del análisis de la inversión de capital y temas relacionados de los sectores público y privado.

11.5.7.- Contactos

www.iienet.org

11.6.- Otras Asociaciones e Institutos

Debido a lo amplio que resulta el ejercicio de la profesión de ingeniería industrial y dependiendo de los intereses o campo de especialización del egresado, existen otras asociaciones e institutos que son útiles a la profesión. La siguiente es una lista limitada de las principales asociaciones e institutos que podrían resultar útiles al futuro egresado:

- APICS (American Production and Inventory Control Society): es la Sociedad Americana para el Control de la Producción y los Inventarios cuya misión es la de construir la excelencia en la gerencia de operaciones en organizaciones e individuos mediante la educación y el entrenamiento óptimo, certificaciones reconocidas internacionalmente y una red mundial de profesionales expertos de la industria. Contacto: www.apics.org.
- ASQ (American Society of Quality): es la Sociedad Americana para el Control de la Calidad cuyos objetivos son la promoción del aprendizaje, la mejora de la calidad y el intercambio de conocimientos para la mejora de los resultados empresariales y la creación de mejores ambientes de trabajos y comunidades de calidad alrededor del mundo. ASQ ofrece conceptos, tecnologías, herramientas y entrenamiento a los profesionales de la calidad, los estudiantes de la calidad y los consumidores de todos los días. Contacto: www.asq.org.
- CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals): es el Consejo de Profesionales de la Gerencia de la Cadena de Suministros, cuya misión es la liderar la evolución de la profesión de la gerencia de la cadena de suministros, mediante el desarrollo, avance y diseminación del conocimiento y la investigación de la cadena de suministro. Contacto: www.cscmp.org.
- SCS (Society for Modeling & Simulation International): la Sociedad Internacional para el Modelado y la Simulación es una organización técnica sin fines de lucro dedicada al avance de la simulación y la comunicación entre profesionales del área de simulación. Contacto: www.scs.org.
- HFES (Human Factors and Ergonomics Society): la Sociedad de Ergonomía y Factores Humanos tiene como misión el promover el descubrimiento e intercambio

de conocimientos relativos a las características de los seres humanos que son aplicables al diseño de sistemas y artefactos de todo tipo. Contacto: www.hfes.org.

- INFORMS (Institute for Operations Research and the Management Sciences): el Instituto para la Investigación de Operaciones y las Ciencias Gerenciales provee las necesidades científicas y técnicas de Investigación de Operaciones a educadores, investigadores, científicos estudiantes, gerentes y consultores, así como a las organizaciones que asiste, mediante la descripción de los últimos métodos y aplicaciones de la investigación de operaciones. Contacto: www.informs.org.

Sule, D., *Instalaciones de manufactura: ubicación, planeación y diseño*, Mexico: Thomson Learning, 2001.

Capitulo IX.

Hillier, F. y Lieberman, G., *Introducción a la Investigación de Operaciones*, México: McGraw-Hill, 1997.

Capitulo X.

Baldwin, C. y Silverio M., *Introducción General a la Economía Empresarial*, Editorial Playor, 1989.

Horngren, C., Contabilidad financiera: introducción, México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

Pereira, J., Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión, Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 1996.

Urquijo, J., *Teoría de las Relaciones Industriales*, Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 1986.

Capitulo XI.

Centro de Estudiantes de Ingeniería UCAB, *www.ucab.edu.ve*, 2005.

Fundación Comité Nacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial, *www.coneii.com*, 2005.

Asociación Latinoamericana de Estudiantes de Ingeniería Industrial y Afines, *www.aleiiaf.net*, 2005.

Colegio de Ingenieros de Venezuela, *www.civ.org.ve*, 2005.

Institute of Industrial Engineers, *www.iienet.org,* 2005.