



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Aplicaciones del Diseño a la  
Ingeniería Biomédica**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N:**

**LUIS FELIPE ALTAMIRANO BENITEZ  
JESUS ROBERTO RAMIREZ GARCIA  
JORGE SUAREZ GARCIA  
REINALDO WENCES SIMON**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. CARLOS SANCHEZ MEJIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

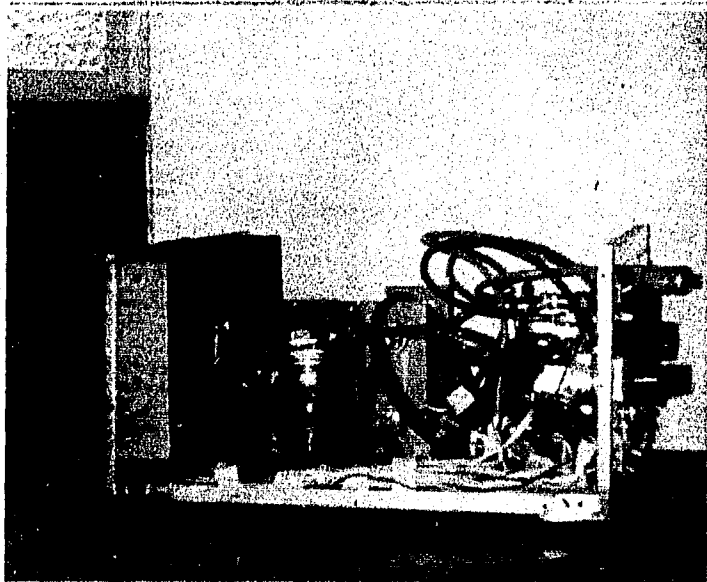
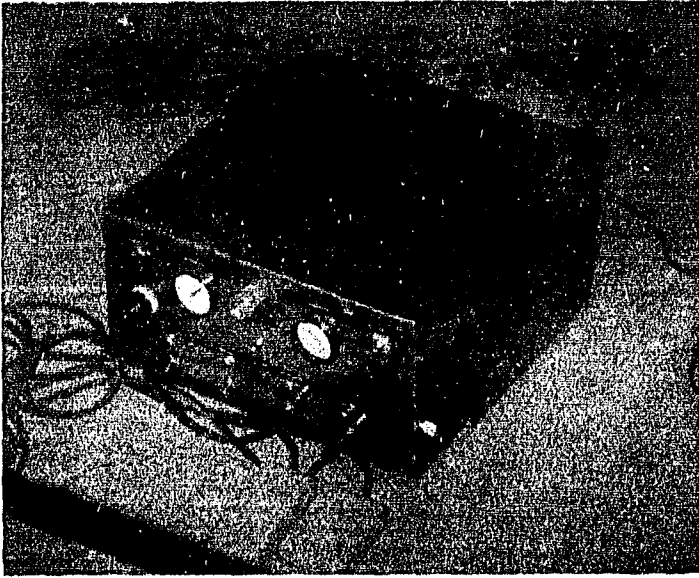


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# I N D I C E

	Página
CAPITULO I ENTORNO DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL Y LA INGENIERIA BIOMEDICA . . . . .	1
I.A Entorno a la ingeniería industrial .	
I.A.1 Antecedentes históricos. . . . .	2
Sus orígenes. Su etapa inicial. El padre de la ingeniería industrial. Su desarrollo	
I.A.2 Definición . . . . .	4
Un sinónimo de la ingeniería industrial. Conocimiento de la ingeniería industrial.	
I.A.3 Actividades de la ingeniería industrial . . . . .	6
Servir a la sociedad.	
I.A.4 La ingeniería industrial en los países en vías de desarrollo . . . . .	12
Dar orientación. Relaciones interdisciplinarias. Un reto a la innovación. Replantear objetivos.	
I.A.5 La ingeniería industrial en México . . . . .	19
Perspectivas para México. Conciencia nacional. El enfoque de sistemas. Críticas. Paradigmas que tienen en común el enfoque de sistemas. Una visión clara. Función objetivo del ingeniero industrial.	
I.A.6 La ingeniería industrial en el sector público . . . . .	29
La toma de decisiones. Aplicaciones actuales de la ingeniería industrial en el sector público.	
I.B Entorno a la ingeniería biomédica .	
I.B.1 Definición . . . . .	30
Su nacimiento. Los primeros cursos. La esencia de la ingeniería biomédica.	

I.B.2	Actividades de la ingeniería biomédica . . . . .	33
	Problemas a los que se enfrentará el ingeniero biomédico. Desarrollando nuevos instrumentos. Reemplazando y reparando nuevos dispositivos. Utilizando computadoras y procesadora de datos. Investigación. Mantenimiento de hospitales. Industria.	
I.B.3	Sub áreas de la ingeniería biomédica y ejemplos de problemas . . . . .	43
I.B.4	La ingeniería biomédica en México . . . . .	47
	Necesidad de ingenieros biomédicos. Una carrera nueva. Difusión de la ingeniería biomédica. Marco de referencia. Creación de una tecnología propia. Grandes perspectivas. Infraestructura. Aplicar la ciencia y tecnología con sentido humano.	

CAPITULO II	TECNICAS DEL DISEÑO EN LA INGENIERIA	
	INTRODUCCION . . . . .	59
II.A	Naturaleza del diseño en ingeniería . . . . .	60
II.A.1	Entorno y relación interdisciplinaria del diseño . . . . .	60
	Filosofía del diseño. Actividades del hombre. Vinculaciones del ingeniero. Relaciones con la economía. Otras relaciones	
II.A.2	Técnicas generales del diseño . . . . .	63
	Tarea del diseño. Tarea de la ingeniería. Necesidad de un método de diseño. ¿Qué es el diseño. ¿Qué es el proceso del diseño?	
II.A.3	Métodos gráficos . . . . .	67
	El método gráfico. Necesidad de métodos gráficos. Modelos a escala reducida. Uso de los métodos gráficos.	

II.B	Proceso del diseño. . . . .	71
II.B.1	Creatividad . . . . .	71
	a) Conceptos a considerar en las ideas preliminares para el diseño.	
	Gastos de la creatividad, inventiva, sencillez.	
	Reglas para aumentar la capacidad creadora.	
	b) Técnicas para desarrollar las ideas. Inversión, analogía, empatía, fantasía. ¿Cómo obtener ideas nuevas? Renovar, uso eficiente del proceso creativo. El problema. Solución del problema. Necesidad de la creatividad.	
II.B.2	Análisis en el diseño. . . . .	81
	Introducción al análisis. Amplitud del proceso del diseño. ¿Cómo se diseña?	
	a) Reconocimiento del problema. Problemas del diseño, problemas del sistema, problemas de productos, planteamiento, problemas paralelos, prototipo, concepción a priori del diseño, identificación del problema:	
	1. Definición del problema.	
	2. Requisitos del problema.	
	3. Limitaciones del problema.	
	4. Bosquejos.	
	5. Recolección de datos.	
	Modificaciones del diseño.	
	Diferencias en la identificación de problemas.	
	b) Proposiciones de soluciones. ¿Cuándo ocurren las soluciones? Fuentes de obtención de soluciones. ¿Cómo obtener soluciones? Las ideas preliminares. Revistas técnicas, folletos de los fabricantes, publicaciones periódicas, patentes, consultores profesionales.	

- c) Evaluación de soluciones.  
Considerar al cliente, definir el problema, estructurar el modelo, recolección de datos, cálculo, comprobación, evaluación, presentación y comunicación de resultados y recomendaciones.
- d) Especificaciones del diseño.  
Partes. Ideas preliminares.  
Fase de descripción. Conclusión de la primera fase. Problemas.  
Los dibujos.

II.B.3 Toma de decisiones. . . . . 107

- a) Generalidades de los métodos cualitativos. Introducción.  
Filosofía de la toma de decisiones:
  - a.1 Objetivos.
  - a.2 Alternativas.
  - a.3 Factores influyentes en las decisiones.  
Los factores de recursos, los factores técnicos, los factores humanos. ¿A dónde se quiere llegar? ¿Cómo llegar?
- b) Métodos cualitativos. ¿En qué consisten estos métodos?  
Métodos cuantitativos más comunes:
  - a) Método Delphi.
  - b) Panel de opiniones. Ventajas.  
Desventajas.
  - c) Predicción visionaria.
  - d) Encuesta directa con el comprador. Esencia de la encuesta.
  - e) Comparación con productos conocidos
  - f) Encuesta de la opinión del poder de ventas.

	Página
CAPITULO III	
DEFINICION Y SELECCION DE UN PROBLEMA DE BIOINGENIERIA EN MEXICO. . . . .	121
Introducción. La crisis actual.	
III.A Problemas generales en la ingeniería biomédica . . . . .	123
a) Teóricos	
b) Experimentales	
c) De medicina clínica	
III.B Problemas generales en la ingeniería biomédica en México	124
Poco apoyo oficial. Desconocimiento técnico. Adaptación de la metodología	
III.C Limitaciones en la resolución de problemas de la ingeniería biomédica. . . . .	127
Grupos de diseño. Centros de información y problemas adicionales.	
III.D Criterios de selección de problemas de ingeniería biomédica	129
Requerimientos para el diseño.	
III.E Apoyo oficial a la ingeniería biomédica. . . . .	131
Programas del CONACYT. Organismos para el desarrollo bioingenieril. Declaraciones oficiales.	
III.F Medidas de apoyo a la tecnología biomédica. . . . .	134
Necesidad de desarrollar tecnología. Riesgo compartido. Otros programas. Enlace.	
III.G Medios para obtener información .	150
Bibliotecas. Temas de artículos. Revistas.	
CAPITULO IV	
DISEÑO DE UN PROTOTIPO REPRESENTATIVO DE LA BIOINGENIERIA	
IV.A Descripción del problema. . . . .	160
IV.A.1 Problema anatómico. . . . .	160
De acuerdo a la anatomía. Composición del ojo. División de la capa fibrosa. Limitantes de la capa	



	fibrosa. División de la capa vascular. Medios transparentes y refringentes del ojo. Cristalino. Humor vitreo o cuerpo vitreo. Humor acuoso.	
IV.A.2	Problema médico. . . . .	165
	Flotadores en el vítreo. Ruptura del globo ocular. Inflamación del vitreo. Otras patologías. Cirugía del humor vitreo.	
IV.A.3	Problema técnico . . . . .	168
IV.B	Proposiciones de soluciones. . .	169
IV.B.1	Dispositivo mecánico . . . . .	170
IV.B.2	Dispositivo electrónico . . . . .	172
IV.B.3	Sistema de abastecimiento . . .	172
	a) Con compresor	
	b) Sin compresor	
IV.C	Evaluación de alternativas . . .	174
IV.C.1	Factores técnicos . . . . .	174
	Dispositivo mecánico. Desventajas.	
IV.C.2	Dispositivo electrónico . . . . .	176
	Ventajas. Selección de dispositivo de control. Selección de abastecimiento de aire a presión. Ventajas. Resumen.	
IV.C.3	Factores de mercado . . . . .	180
	Estudio de mercado. El análisis de la demanda. El análisis de la oferta. El análisis de los precios. El análisis de la comercialización. Resultados particulares. Clientes potenciales.	
IV.C.4	Factores económicos . . . . .	188
	Partes de importación. Costo del aparato. Cotización de los componentes del vitreofago en moneda nacional.	

	Página
IV.C.5 Factores sociales. . . . .	190
Condiciones actuales. Bienestar compartido.	
IV.D Especificaciones del diseño . . .	192
IV.D.1 Descripción del aparato. . . . .	192
Compresor. Tanques. Filtros. Manómetro. Regulador de presión. Vacuómetro. Regulador de vacío. Válvula solenoide de 2 vías. Válvula solenoide de 3 vías. Actuador. Mangueras. Recolector. Pedales. Cables. Otros.	
IV.D.2 Funcionamiento. . . . .	198
 CAPITULO V	
CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE BIO-INGENIERIA . . . . .	202
V.A Diseño del prototipo . . . . .	203
V.A.1 Detalles de la construcción del aparato . . . . .	203
Pasos de la fabricación. Operación. Encendido. a) Corte. b) Succión. Calibración. Funciones. Variedades de funcionamiento.	
 CAPITULO VI	
EVALUACION DEL PROTOTIPO Y CONCLUSIONES	
VI.A Conclusiones sobre los problemas que se presentaron en la fabricación del prototipo . . . . .	221
VI.A.1 Problemas metodológicos y organizacionales . . . . .	221
Los errores. Ventajas. Responsabilidades.	
VI.A.2 Problemas técnicos . . . . .	223
Importaciones. Interdisciplinariedad.	
VI.A.3 Problemas económicos y financieros	245
Apoyo. Posibilidades. Problemas mercadológicos. Tipo de mercado. Riesgos.	
 BIBLIOGRAFIA. . . . .	228

## INTRODUCCION

El siglo XX lo tipifica el ingeniero, y la Ingeniería Industrial es la responsable de integrar los recursos materiales, humanos, económicos y energéticos para incrementar la productividad y generar un bienestar compartido, por lo que la Ingeniería Industrial debe de orientarse a una función social y no exclusivamente utilitaria.

Durante toda la historia de la civilización, la ingeniería ha desempeñado un papel muy importante contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de vida del hombre. Precisamente una gran parte de la aportación que hace la ingeniería a las demás áreas del conocimiento, es referente al diseño de productos, sistemas y servicios. El bienestar logrado se manifiesta en todas las actividades de nuestra vida diaria.

La gran necesidad de ingeniería, es obvia, nuestro país no es la excepción. Crear los cuadros técnicos, es tarea primordial y di-

fcil. Acabar en la medida posible con la dependencia tecnológica, y diseñar productos y sistemas acordes a la realidad y particularidades nacionales, también son actividades prioritarias para el desarrollo -- económico de México.

Con este ánimo fue con el que nos abocamos a describir una metodología para lograr diseños que satisfagan las necesidades nacionales. El campo particular de aplicación -- que preferimos, fue el de la Ingeniería -- Biomédica. La metodología que proponemos, esperamos que genere el diseño y fabricación de equipo que apoye a los profesionales de la medicina en la lucha por alzar -- el nivel de salud pública en el país.

La finalidad de la Bioingeniería o Ingeniería Biomédica es optimizar los recursos en Biomedicina y disminuir la dependencia técnica por la compra de equipos.

Incluye este campo el diseño y operación -- de dispositivos en instrumentos utilizados

en Medicina y Biología. Entre sus aplicaciones prácticas mencionaremos algunas, a saber:

- . Instrumentación Médica.
- . Instrumentación Hospitalaria.
- . Modelos matemáticos y simulación de procesos y sistemas biológicos.
- . Organos artificiales y prótesis.
- . Aplicaciones de computadoras en Medicina y Biología.
- . Procesamiento de señales biológicas.

LAS PALABRAS, UNA VEZ  
IMPRESAS, TIENEN VIDA  
PROPIA. -C.B.

La metodología que proponemos en los primeros capítulos de la tesis fue utilizado para diseñar un aparato utilizado por oftalmólogos, que sirve para obtener biopsias del humor vitreo del ojo humano.

La descripción del aparato, las alternativas de diseño que se presentaron y las evaluaciones pertinentes son desarrollados en el cuarto capítulo, y detallados los aspectos de fabricación en el quinto.

En forma esquemática los capítulos que integramos en la tesis son:

- I. Entorno de la Ingeniería Industrial y la Ingeniería Biomédica.
- II. Técnicas de diseño a la Ingeniería.
- III. Definición y selección de un problema de Bioingeniería en México.
- IV. Diseño de un prototipo representativo de la Bioingeniería.
- V. Construcción de un prototipo de Bioingeniería.
- VI. Conclusiones.

Podemos concluir que en el desarrollo de esta tesis buscamos aplicar las técnicas del diseño usados en la ingeniería para lograr en la Bioingeniería disminuir la dependencia tecnológica e incrementar la productividad para lograr un bienestar compartido que reparta beneficio para el trabajador, el técnico, el ingeniero, el empresario, el gobierno y el consumidor; y poder incrementar el nivel de vida del hombre y lograr una sociedad más justa y más humana.

CAPITULO I

ENTORNO DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL

Y LA INGENIERIA BIOMEDICA

## I.A ENTORNO A LA INGENIERIA INDUSTRIAL

### I.A.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

SUS ORIGENES. Los orígenes de la Ingeniería Industrial están fuertemente ligados al desarrollo de la administración científica por utilizar ambas el método científico, -- con la participación de Ingenieros y Administradores en la adquisición de conocimientos, análisis y resolución de problemas.

¿ QUE SENTIDO TENDRIA LA VIDA SI CARECIERAMOS DE VALOR PARA EMPRENDER NADA ?

SU ETAPA INICIAL. Antes de la Segunda Guerra Mundial, se puede considerar que fue la etapa inicial de la Ingeniería Inicial, donde los pioneros establecieron las bases para el desarrollo posterior. Entre estos pioneros se encuentran Henry Fayol, Frederic W. Taylor, Henry L. Gantt y los esposos Gilbreth.

EL PADRE DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL. Se considera como el padre de la Ingeniería Industrial al Ingeniero Mecánico Frederic W. Taylor (1856-1915), por ser el primero que-



trató de encontrar el mejor camino para realizar cualquier trabajo, utilizando el método científico para analizar problemas de procesos de manufactura, dimensiones y tipos de máquinas y herramientas, tiempos y movimientos y en general a problemas de organización de empresas, definiendo en todas estas actividades la metodología a seguir en el desarrollo de la Ingeniería Industrial como profesión.

SU DESARROLLO. El desarrollo de la Ingeniería Industrial después y en la Segunda Guerra Mundial, se basó en los trabajos de este conjunto de iniciadores. Se consideran tres períodos de estimulación para el desarrollo y crecimiento de la Ingeniería Industrial. Concretamente la Primera Guerra Mundial favoreció la situación inicial de las técnicas de Ingeniería Industrial, principalmente las de tiempos y movimientos y las de control y planeación de la producción; en su segundo período la Guerra Mundial de 1939-1945, estimuló la aceptación de las técnicas de orientación científica tales co

mo la Investigación de Operaciones y el control de calidad estadístico. Por último, - la edad espacial con su explosión de tecnología en todos los campos de la actividad humana, se suma considerablemente al desarrollo de la Ingeniería Industrial como profesión.

#### I.A.2 DEFINICION

La Ingeniería Industrial es la rama de la Ingeniería que estudia el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por hombres, materiales y equipo. Obtiene sus especializados conocimientos y habilidades, de las matemáticas, la física y las ciencias sociales conjuntamente con los principios y métodos de análisis y diseño de Ingeniería, especificando, prediciendo y evaluando los resultados obtenidos para cada sistema.

UN SINONIMO DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL. De acuerdo a lo que hemos visto hasta ahora y debido a la amplitud del área que nos ocu--

pa, podemos dar seria consideración a un si  
 nónimo de la Ingeniería Industrial que le -  
 representa más claramente: "Ingeniería de-  
 Sistemas de Actividad Humana".

Un ulterior análisis, nos conduce a --  
 pensar en la función de la Ingeniería Indus-  
 trial más bien que en el Ingeniero Indus---  
 trial o en la profesión de la Ingeniería In-  
 dustrial, en virtud de que el campo es tan-  
 amplio, que la función en la práctica es ne-  
 cesariamente desempeñada por una gran varie-  
 dad de personas o grupos. Los desarrollos-  
 en los sistemas modernos, han, no únicamen-  
 te promovido cooperación interdisciplina---  
 ria, sino que llevan consigo una mayor fami-  
 liaridad en los principios de disciplinas -  
 adyacentes.

CONOCIMIENTO DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL. -  
 El conocimiento acerca de algún campo parti-  
 cular es a menudo relacionado a una curva -  
 de crecimiento y saturación donde los desa-  
 rrollos iniciales son lentos y difíciles. -  
 Cuando un poco de conocimiento toma lugar,-

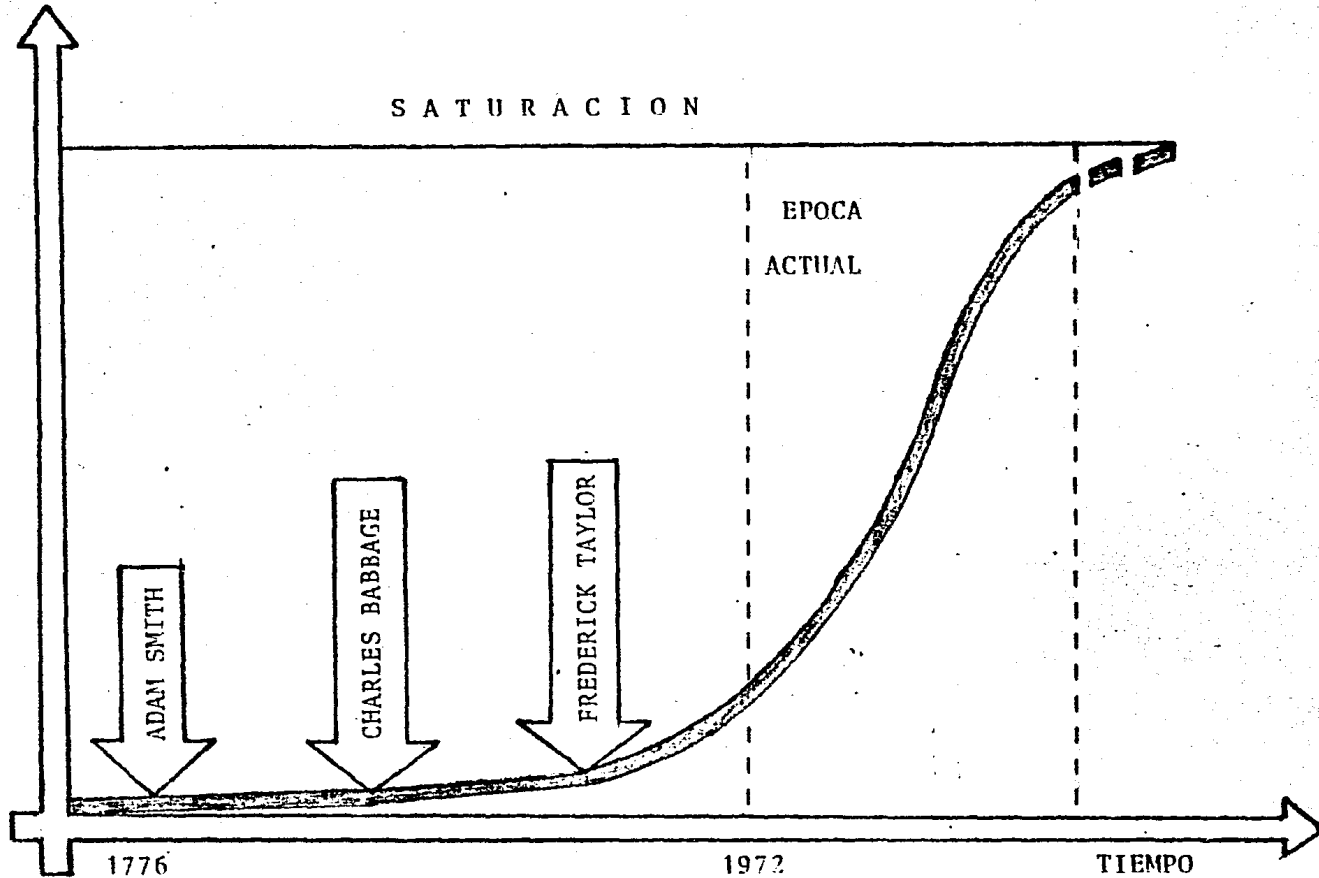
la tasa de crecimiento se acelera hacia la fase rápida de desarrollo y finalmente se vuelve asintótica en relación al nivel de saturación. En la siguiente página aparece la curva de crecimiento estimada de la Ingeniería Industrial.

### I.A.3 ACTIVIDADES DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL

Entre las actividades principales de la Ingeniería Industrial, podemos mencionar las siguientes:

1. Selección de procesos y métodos de ensamble.
2. Selección de herramientas y equipo.
3. Diseño de distribución de planta, maquinaria y equipo; manejo de material y equipo; inventarios de materia prima y productos.
4. Diseño, mejoramiento y control de sistemas, para la distribución de mercancías y servicios, producción, inventarios, calidad, mantenimiento, adiestra

# CONOCIMIENTO DE LA ING. INDUSTRIAL



- miento personal y cualquier otra función.
5. Desarrollos de sistemas de control de costos, control de presupuestos, análisis de costos y sistemas de costos estándar.
  6. Desarrollo y perspectivas del producto.
  7. Implantación y desarrollo de sistemas de salarios e incentivos.
  8. Establecimiento y desarrollo de sistemas de evaluación y medición del trabajo.
  9. Evaluación de puestos.
  10. Evaluación de confiabilidad y ejecución.
  11. Investigación de operaciones, incluyendo sus temas de análisis matemático, simulación, programación lineal y teoría de decisiones.
  12. Diseño e instalación de sistemas de procesamiento de datos.
  13. Sistema de oficina, procesamiento y políticas.
  14. Planeación organizacional.
  15. Búsqueda de localización de plantas,--

considerando el mercado potencial, ---  
fuentes de materia prima y mano de ---  
obra, financiamiento e impuestos.

Al desarrollarse estas actividades, --  
surge la identificación de la Ingeniería In  
dustrial como un campo separado y determina  
las funciones afines que comprende esta --  
profesión:

- a) Medición y evaluación del Trabajo. Es  
tudiará las operaciones de la planta y  
sugerirá caminos para mejorarlas desa-  
rollando para ello, tiempos estándar.
- b) Estudio del Trabajo. Aquí se analiza  
una tarea elemento por elemento, estu-  
diando su tiempo y turno, así como las  
relaciones entre el conjunto general.
- c) Proyecto de Plantas. Participará en -  
el diseño de construcción de plantas -  
una vez conocido todo el proceso co---  
rrespondiente para localizar equipo, -  
maquinaria, materia prima, etc.
- d) Manejo de Materiales. Cuando los volú-  
menes de materiales necesarios en un -

proceso son considerables, un buen manejo de ellos redunda en una baja del costo de producción, para ello es necesario conocer sistemas de manejo de materiales como montacargas, grúas, transportadores, sistemas neumáticos, camiones, bandas.

- e) Planeación y Control de la Producción. Es el método usado para programar y controlar la producción en su desarrollo y avance; esto es, fabricar la cantidad necesaria del producto y en determinado tiempo, de tal calidad, por el mejor y más fácil método disponible.
- f) Control de Calidad. Consiste en determinar de acuerdo al departamento de ventas, la calidad necesaria e implantar revisiones para que el producto cumpla las especificaciones señaladas.
- g) Reducción de Costos. Se tratará de reducir los costos en el proceso productivo empleando maquinaria, técnicas, métodos y sistemas recomendables para producir un buen producto a menor costo que pueda competir en el mercado.



- h) Consultoría Administrativa. Un importante campo del Ingeniero Industrial es el de proporcionar asistencia al administrador de las compañías industriales y comerciales para determinar el curso de acción a tomar. Incluye una revisión de la organización, de las políticas y objetivos y la planeación a corto y largo plazo; cubre estudios de producción, mercado, personal, financiamiento, nuevos productos y muchas otras actividades de las compañías.

SERVIR A LA SOCIEDAD. La Ingeniería Industrial concebida como el conocimiento profundo de los recursos humanos, materiales y económicos y las Leyes que rigen su comportamiento para que mediante su integración considerando la realidad social, obtengamos un incremento de la productividad que nos permita generar un bienestar compartido, nos ha llevado a tener conciencia que nuestra profesión es de servicio para con la sociedad, y la Ingeniería Industrial debe ser orientada hacia su función social y no cir-

cunscribirla a un campo exclusivamente técnico, ya que el ingeniero industrial tiene que tener conciencia de que es un hombre y que su labor dedicada al incremento de la productividad deberá ser encaminada a la obtención de satisfactores para núcleos humanos.

#### I.A.4 LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO

El enfoque productivo de la profesión le ha hecho indispensable prácticamente en las organizaciones manufactureras de los países desarrollados, existiendo de hecho en cualquier gran empresa un departamento de ingeniería industrial encargado del incremento en la productividad de la misma.

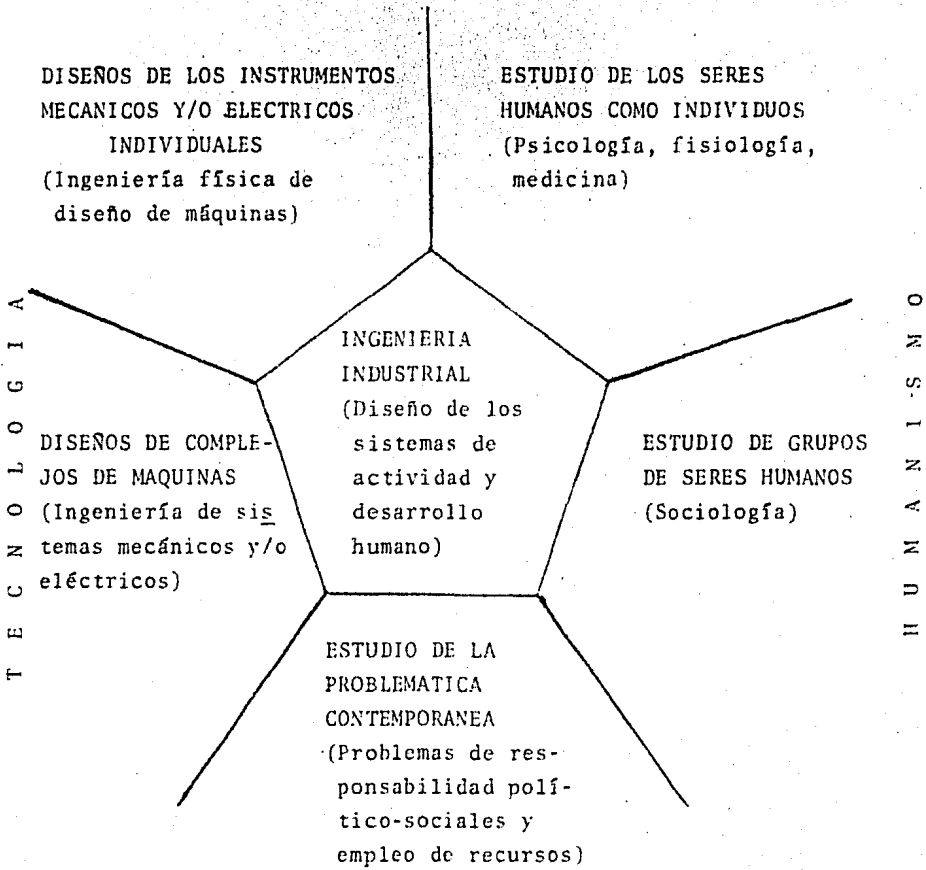
Siendo el Ingeniero Industrial un especialista en el diseño, operación e instrumentación de sistemas integrados de hombres, equipo y materiales, donde el nivel de participación humana, a diferencia de otros sistemas automatizados, es muy impor-

CUANDO ESTEMOS CONFUNDIDOS POR LO QUE SUCEDE EN EL MUNDO, PODEMOS LOGRAR UNA RENOVADA SENSACION DE SEGURIDAD SI MIRAMOS LA LUZ QUE BRILLA EN LOS OJOS DE UN NIÑO FELIZ Y CONFIAO. -H.H.

tante, resulta claro apreciar el porque en las naciones en vías de desarrollo, en las que existe abundancia de mano de obra y limitaciones importantes de capital, puede ocupar este profesional un papel tan destacado en términos de servicio.

DAR ORIENTACION. El Ingeniero Industrial como responsable del diseño y operación de sistemas productivos, tendrá en adelante que instrumentarles con orientaciones marcadamente satisfactoras de las necesidades humanas y ambientales, internas y externas a las organizaciones en que labora.

RELACIONES INTERDISCIPLINARIAS. Para mostrar las relaciones interdisciplinarias de la Ingeniería Industrial o de la Ingeniería de sistemas de actividad y desarrollo humano que tendrán mayor relevancia en la edad de los sistemas nos referimos a la figura que aparece en la siguiente página. En este esquema enmarcado en el centro, se encuentra la función de la Ingeniería Industrial o Ingeniería de sistemas de actividad



RELACIONES INTERDISCIPLINARIAS DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL

y desarrollo humano, lo cual requiere del conocimiento profundo de otras disciplinas que estudian el comportamiento de conjuntos (izquierda y derecha del pentágono) y el comportamiento individual (parte superior izquierda y derecha del pentágono), incluyéndose en la parte inferior el conocimiento de los problemas políticos, económicos y sociales del presente y su proyección hacia el futuro.

En la parte superior izquierda se muestran los conocimientos sobre física, matemáticas y química que se aplican en el diseño de los elementos físicos utilizados en los procesos productivos. En la parte media izquierda, los conocimientos aplicados al diseño de los complejos físicos, es decir, la ingeniería de sistemas. En la parte superior derecha los conocimientos sobre psicología, fisiología y medicina que son aplicados para mayor bienestar al hombre individual en el trabajo. En la parte media derecha, los conocimientos sobre sociología utilizados en la comprensión del comportamien-

to del hombre en grupos. Por último, hemos incluido en la parte inferior del esquema, los conocimientos necesarios sobre los principales problemas contemporáneos que permitan al ingeniero industrial ubicar el sistema en que trabaja dentro del sistema de orden superior del que forma parte, así como integrarle activamente al proceso de cambio que vive el mundo actual.

Por la naturaleza de su trabajo y la preparación interdisciplinaria con que cuenta el ingeniero industrial, está particularmente dotado para desempeñar un liderazgo de innovación y de opinión en el mundo en el que se desenvuelve.

En el diseño de nuevos sistemas que impliquen cambios en su operación, la actitud del ingeniero industrial deberá ser la de cambiar su propia persona con el sistema -- que diseña, es decir, vivir en sí mismo el cambio que propone y no ser un simple espectador de las modificaciones.

UN RETO A LA INNOVACION. El ingeniero industrial del presente tiene que aceptar el reto a la innovación, ampliar su comprensión en el campo de los sistemas y modificar sus hábitos en la relación humana.

RENOVARSE O MORIR.

Al analizar nuestra disciplina en el contexto de países de bajo desarrollo económico nos enfrentamos a nuevos problemas conceptuales y metodológicos. Entre otros podemos mencionar el que se refiere a cómo tratar el factor fuerza de trabajo en la organización productiva. Tradicionalmente la Ingeniería Industrial ha tratado de substituir el trabajo humano de los sistemas productivos sin analizar los problemas que surgen en todo el sistema económico.

REPLANTEAR OBJETIVOS. En economías como la nuestra, donde la fuerza de trabajo es abundante y el capital es escaso, es necesario replantear los objetivos que ha tenido la Ingeniería Industrial en su desarrollo. El punto de vista privado, orientado fundamentalmente a un aumento de la productividad y

de las ganancias en base a la explotación intensiva y organizada de los factores productivos, ha demostrado, en los países subdesarrollados, no ser el camino para la solución de los problemas tecnológicos e industriales del sistema económico y, mucho menos, que a través de este enfoque pueda cooperarse al desarrollo de la Ingeniería Industrial, a la lucha contra la independencia tecnológica y a la solución de los urgentes problemas sociales de nuestros países.

"La complejidad de la técnica modernas tal que resulta imposible improvisarla a las necesidades industriales del momento, la técnica debe desarrollarse en base a factores peculiares para cada sistema económico".

Si aceptamos que el subdesarrollo se da a partir del mismo proceso que genera el desarrollo, podemos hablar de la tecnología como un problema inscrito en este proceso. A partir de esta consideración en los paí--



ses subdesarrollados se establece una relación de explotación mayor a la fuerza de -- trabajo, dado que, no se incorpora el trabajador masivamente al consumo. La Ingeniería Industrial debe plantearse el desarrollo integral de nuestros países y orientarse no sólo a los sectores que aseguran un beneficio inmediato sino fundamentalmente a aquellos que aseguren una independencia económica aun cuando su rentabilidad sea baja.

EN RESUMEN. En resumen, el ingeniero industrial juega un papel trascendental en el -- mundo actual, su preparación le faculta para poder combinar los principios del comportamiento humano con los conceptos del análisis y síntesis ingenieriles con el fin de -- instalar y mejorar los sistemas integrados por hombres, materiales y equipo.

#### I.A.5 LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN MEXICO

PERSPECTIVAS PARA MEXICO. En la actualidad México está padeciendo graves problemas para cumplir con la demanda de satisfactores-

que por el acelerado crecimiento de la población y la elevación de la capacidad adquisitiva es cada vez mayor.

El problema fundamental que existe en todos los sectores de la actividad económica y que impide un desarrollo satisfactorio, es la generalizada baja productividad.

CONCIENCIA NACIONAL. De este momento crítico en que vive México puede emerger una nueva conciencia nacional que cambie los patrones de vida y que permita prepararnos para hacer frente con optimismo a un futuro que de otras suertes pudiera ser de características inimaginables.

Si continuáramos con los mismos índices de productividad (muy bajos con relación a países en desarrollo y desarrollados) no podríamos hacer frente a nuestras demandas pero peor aún, tampoco podríamos reducir considerablemente el problema a base de importaciones, ya que nuestra capacidad de endeudamiento se iría agotando poco

a poco.

México, como todos (los países del tercer mundo, requiere de una más racional utilización de recursos y el recurso más importante que tiene es el hombre. La Ingeniería Industrial que se encarga del diseño, operación, evaluación y modificación de sistemas de actividad humana tiene, con su participación en esta tarea, un reto que deberá ser afrontado con responsabilidad profesional.

ENTRE TODOS LOS HOM---  
BRES EXISTE UNA OPOSI---  
CION NATURAL A CUAL---  
QUIER IDEA QUE NO SEA  
SUYA. -B.W.

EL ENFOQUE DE SISTEMAS. Debemos reconocer que el enfoque de sistemas ha tenido un --- gran desarrollo en los últimos años promovido fundamentalmente por Russell Ackoff, --- West Churhman, Brian Wilson y Peter Checkland y existen dentro del enfoque de sistemas verdaderas joyas de este enfoque, como pueden ser, la metodología de sistemas suaves de Brian Wilson, la planeación interactiva de Ackoff, el diseño de sistemas de inquirir de Checkland.

CRITICAS. Pero el enfoque de sistemas tiene varias críticas que en la actualidad ante la crisis socioeconómica-política que está viviendo nuestro México, dejan de tener posibilidades reales de aplicación, ya que como lo ha mencionado el doctor mexicano -- Carbajal Moreno, existen muchas zonas ciegas para la aplicación del enfoque sistémico y generalmente basan el enfoque de sistemas en metáforas mecánicas y orgánicas; no es aplicable a los procesos sociales emergentes que se están presentando en nuestro México donde el enfoque de sistemas no puede conceptualizar las problemáticas culturales del lenguaje y realidad de valores, mitos y metáforas de autonomía y poder, ya -- que en las situaciones de crisis los sistemas cambian y existe una lucha entre el pensamiento sistémico, el poder y la capacidad de cambio, por lo que, los paradigmas que tienen en común el enfoque de sistemas, dejan de tener validez ya que estos en términos generales son:

PARADIGMAS QUE TIENEN EN COMUN EL ENFOQUE -  
DE SISTEMAS

1. En el enfoque de sistemas se consideran que los elementos del sistema mantienen entre sí relaciones fuertemente acopladas, y en los procesos sociales-emergentes la realidad es que estas relaciones son débilmente acopladas.
2. En el enfoque de sistemas se supone -- que los componentes de los sistemas -- son bien comportados y suponemos que -- están a gusto y cualquier contratiempo en esta línea se considera como un desajuste patológico del sistema, y la -- realidad es que en los sistemas, estos componentes no son bien comportados y -- tampoco se encuentran a gusto, ya que -- la problemática de autonomía y poder -- va a estar en conflicto contra la integridad al todo del sistema.
3. En el enfoque de sistemas se consideran estados mutuamente exclusivos y esta separación dicotómica no es real, -- ya que entre el blanco y el negro exis

EL PEOR EGOISTA ES AQUEL A QUIEN NUNCA SE LE HA OCURRIDO QUE -- QUIZA EL MISMO SEA UN EGOISTA.       -S.F.

te una gran gama de matices de gris, - lo que se traduce en diferentes estados mentales y actitudes de poder que entrarán en conflicto con el enfoque sistémico.

4. En el enfoque de sistemas se considerarán a éstos como estados de sistemas permanentes y en los momentos de crisis los procesos sociales emergentes van a ocasionar cambios en los sistemas sociales y ahora más que nunca es valiedera la observación de Alvion Tolfer, que nos dice que lo único constante es el cambio, por lo que en la actualidad podemos considerar que el enfoque de sistemas debe de evolucionar para conceptualizar la problemática anteriormente enunciada y debe incorporarse en este enfoque los conceptos de redes sistémicas, de campos sistémicos y agregados, que como ha mencionado el doctor Carbajal en México, debe de gestarse una nueva álgebra de los campos y redes sistémicas donde pueda conceptualizarse las redes sociales indica--

das en la sociología estructural que conceptualice la problemática de los procesos sociales emergentes.

UNA VISION CLARA. Por lo que el Ingeniero-Industrial debe tener una visión clara y holística del entorno socio-económico, socio-político, socio-cultural y socio-ecológico de nuestra realidad mexicana y desde su propio WEALTANSCHAUNG (punto de vista) como lo menciona el profesor Peter Checkland, desarrollar sus propios métodos de trabajo aplicables a nuestra realidad social siendo altamente creativo desarrollando su capacidad para plantear y conceptualizar las definiciones esenciales de los problemas, tener un conocimiento amplio de las técnicas usadas en la resolución de éstos y desarrollar una actitud mental positiva y una gran seguridad en sí mismo, para entender qué es lo que queremos hacer y a quién queremos servir sin perder el punto de vista de que la Ingeniería Industrial es eminentemente social y debe de estar al servicio del hombre.

**FUNCION OBJETIVO DEL INGENIERO INDUSTRIAL.-**

En la actualidad, en nuestro México de 1983, la función objetivo del Ingeniero Industrial debe de reorientarse y en esencia debe ser la de producir, ya que anteriormente se tenía una mentalidad triunfalista y desarrollista y nos encontrábamos para administrar la "abundancia" y tras despertar a nuestra cruda realidad, debemos prepararnos para producir, para evitar que se cierren las fuentes de trabajo, para saber utilizar más racionalmente nuestros recursos, para desarrollar una mística de calidad y de servicio que nos permita afrontar los retos que significan la exportación y competencia en los mercados internacionales, desarrollar estrategias específicas de integración nacional de nuestros productos, de saber utilizar qué tecnologías extranjeras son las que específicamente nos convienen, qué tecnologías propias tenemos que desarrollar, cómo debemos utilizar nuestros escasos recursos económicos, cómo manejar adecuadamente nuestros recursos naturales renovables y no renovables ante la necesidad energética-



del país en los próximos años, qué fuentes alternativas de energía debemos de utilizar para nuestra industria de bienes de capital y qué tecnologías debemos de usar para producir, distribuir y comercializar los alimentos que necesitamos.

DEBEMOS TRABAJAR INTENSAMENTE. Ante estas interrogantes, el futuro a corto plazo parece catastrófico, sin embargo, de nuestras mentes debemos de borrar esta imagen de catástrofe, ya que si no lo hacemos y todos los mexicanos pensamos así podría darse un efecto pigmaleón, y efectivamente cumplirse esta catástrofe, por lo que lo único que nos queda es ponernos a trabajar intensamente en las áreas a las que cada quien corresponde, tener una alta conciencia de un auténtico nacionalismo de luchar y trabajar por México, un gran sentido de responsabilidad social en el que seamos conscientes de que la corrupción y desconfianza son nuestros grandes males, que hemos perdido el dinero pero no la inteligencia, todos estos aspectos para su solución deben partir de -

EL TRABAJO MAS PESADO  
ES EL OCIO.

una profunda labor educativa donde consideramos que el ingeniero del futuro inmediato debe de prepararse para ser un ingeniero -- que produzca la tecnología, que sea muy -- bien preparado en los procesos industriales, que se fomente su creatividad, que se le -- prepare para entender, planear y diseñar -- sistemas productivos donde pueda tomar decisiones en relación a los procesos y productos, los equipos y las instalaciones, la capacidad de planta, la localización indus---trial, la organización industrial y los aspectos mercadológicos y financieros de la - empresa, y como punto de vista central -el-hombre-, por lo cual es importante que dentro de la curricula de las carreras de Ingeniería Industrial se incorporen estudios sobre comunicación, sociología, psicología y filosofía, se haga mayor énfasis en los métodos de solución de problemas y se le dé - al ingeniero independientemente una sólida-formación en el diseño y los procesos industriales de manufactura, una visión humanística y holística de nuestra realidad social mexicana.

## I.A.6 LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN EL SECT-- TOR PUBLICO

LA TOMA DE DECISIONES. El poder de deci --  
sión está directamente vinculado con la mag  
nitud de los resultados de las acciones que  
esta genera y con el número de individuos -  
por éstas afectados. Las decisiones deben-  
ser tomadas, y esto debe hacerse oportuna--  
mente pero con la responsabilidad que exige  
el estar decidiendo sobre la forma y el fu-  
turo de vida de toda la comunidad.

Sin embargo, hay que tener en cuenta -  
que la decisión no es un paso aislado resul  
tante de un estímulo momentáneo, debe ser -  
la última etapa de un proceso de racionali-  
zación que asegure la selección de la mejor  
alternativa de acción y que tome en cuenta,  
de ser posible, los aspectos negativos que  
pudieran generarse de ella, para estar en -  
posición de minimizarlos con acciones com-  
plementarias.

En este proceso el Ingeniero Indus --

NO ES POSIBLE DECIDIR  
COMO MORIR, NI CUANDO.  
SOLAMENTE SE PUEDE DE-  
CIDIR COMO VIVIR... --  
AHORA. -J.B.

trial puede y debe tener una importante participación, y debe ser él mismo quien dé a conocer a los que tienen la responsabilidad de tomar las decisiones finales, la forma en que puede ser aprovechada esa factible participación.

APLICACIONES ACTUALES DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN EL SECTOR PUBLICO. Aun cuando en la actualidad no se está aprovechando en su totalidad la factible aportación que en la solución de diversos problemas que afronta el sector público puede dar la Ingeniería Industrial, se han tenido ya experiencias satisfactorias muy importantes que están sirviendo de estímulo a los responsables de las áreas técnicas de diversos organismos para impulsar esta participación.

## I.B ENTORNO A LA INGENIERIA BIOMEDICA

### I.B.1 DEFINICION

Hace aproximadamente 20 años (1959- -- 1960) en los Estados Unidos varios grupos -

de trabajo (físicos de hospitales, ingenieros de hospitales, ingenieros clínicos, bioelectrónicos, etc.) se integraron en un equipo único: el de ingeniería en medicina y biología, que también se ha denominado de Bioingeniería o de Ingeniería Biomédica. Con este hecho, en ese país se inició una era de notables avances en el estudio y solución de los problemas integrales de los organismos vivos, en especial del organismo humano.

SU NACIMIENTO. Si bien la Ingeniería Biomédica como comenzamos a darnos cuenta, es nueva, los instrumentos y dispositivos médicos tienen una larga historia. Los anteojos, por ejemplo, han sido usados desde hace aproximadamente 400 años. Benjamín Franklin inventó y usó el primer par de lentes bifocales. En los tiempos de las carretas, a principios de siglo, el maletín del doctor contenía instrumentos que aún son esenciales -el estetoscopio, por ejemplo, inventado en el siglo XVIII y el termómetro, inventado en el siglo XV por Leonardo Da Vinci.

LA VIDA NO ES UN CANDIL EFIMERO, SINO ES UNA PLENDDIDA ANTORCHA.

-G.B.S.

LOS PRIMEROS CURSOS. En la Universidad de Pensilvania se crearon los primeros programas con cursos interdisciplinarios y la actividad académica se ha extendido a otras universidades e institutos de investigación.

En los últimos años, el campo de acción de esta carrera se ha comenzado a aplicar en el uso de computadoras para la automatización de diagnósticos clínicos, en la medida y proceso de señales biológicas, en la evaluación de la interacción de la radiación con los seres vivos y en la instrumentación médica.

LA ESENCIA DE LA INGENIERIA BIOMEDICA. La Ingeniería Biomédica es una profesión relativamente nueva y muy versátil. Es importante iniciar el estudio de esta nascente área de actividad científica y técnica con un análisis de su campo de acción y de su relación con otras disciplinas convencionales. Es por esencia y definición un campo interdisciplinario, de rápido crecimiento en el que se articulan las herramientas, --

los puntos de vista y las concepciones propias de ingeniería con el campo de estudio-tradicional de las ciencias biológicas y la medicina: los organismos vivos en general- y, en particular, el organismo humano, como ya se había mencionado. Incluye este campo el DISEÑO y OPERACION de dispositivos e instrumentos utilizados en Biología y Medicina.

#### I.B.2 ACTIVIDADES DE LA INGENIERIA BIO --- MEDICA

Todos los aspectos de ingeniería encuentran aplicación en la Biomedicina. Debido a que la ingeniería y su tecnología están avanzando tan rápido, es muy difícil resumir todas las actividades que tienen en este campo. Por lo general, las actividades de la Ingeniería Biomédica caen en las siguientes áreas:

- a) en la invención, perfección y manufactura de dispositivos para reparar o -- compensar las partes del cuerpo humano que no funcionen debido a que han su--

- frido algún daño como resultado de una enfermedad o accidente;
- b) en el desarrollo y manufactura de nuevos instrumentos de medición para uso médico y quirúrgico o en investigación;
  - c) en la adaptación de computadoras para servir a un amplio rango de requerimientos especializados en los servicios de salud y en la investigación;
  - d) en la aplicación de los métodos más precisos y conceptos usados en la investigación biofísica. En estudios, por ejemplo, de la estructura del organismo y mecanismos a través de los cuales el cuerpo humano se mantiene en buenas condiciones.

Podríamos decir que la Ingeniería Biomédica es una combinación de actividades. Por el lado de la ingeniería, se relaciona con muchas especialidades -electrónica, comunicaciones, sistemas de control, dinámica de fluidos, mecánica, diseño de máquinas, óptica, radiación, termodinámica y otras.



Con respecto a la Biomedicina tenemos la bo  
tánica, zoología, anatomía, bioquímica, bio  
física, medicina, farmacología, psicología  
y neuropsicología, cirugía, neurocirugía.

Debido a la complejidad y restricció--  
nes que envuelven al estudio de los organ<sup>is</sup>  
mos vivos, sus problemas son de difícil so-  
lución y por lo tanto requieren del concur-  
so de diversos especialistas. La interac--  
ción de estos especialistas para el logro -  
de los objetivos deseados se realizará, de  
manera óptima, en el marco de equipos de --  
trabajo interdisciplinario, ya sea dentro -  
de instituciones hospitalarias, universita-  
rias, de investigación o industriales.

PROBLEMAS A LOS QUE SE ENFRENTARA EL INGE--  
NIERO BIOMEDICO. Las actividades del Inge-  
niero Biomédico pueden ser clasificadas en  
varias maneras diferentes. Las clases gene-  
rales de problemas con los que se puede en-  
contrar incluyen:

ALGUNOS HOMERES SE PA-  
SAN LA VIDA INTENTANDO  
ESCALAR IMAGINARIOS AL  
PES, Y MUEREN EN LAS -  
ESTRIBACIONES MALDI---  
CIENDO DIFICULTADES -  
QUE NO EXISTEN. -E.W.

### 1) Teóricos

El ultimo metas de estudios teóricos-de sistemas vivientes, es desarrollar teoría unificada de los estados vivientes, análogo al desarrollo teórico de sistemas no - vivientes. Estudios teóricos o modelos que describan aspectos del comportamiento fisiológico contribuyen directamente a la aplicación experimental y clínica.

### 2) Experimental

El Ingeniero Biomédico puede contribuir al diseño de experimentos fisiológicos o al diseño de construcción de aparatos experimentales. Los modelos analíticos proveen un marco de referencia científico uniforme para la construcción y las pruebas de hipótesis experimentales.

### 3) Medicina Clínica

a) Investigación y desarrollo relacionado con dispositivos de diagnóstico y terapéuticos. Un modelo fisiológico puede ser usado para caracterizar un sistema combinado de paciente y dispositivo.

b) Investigación y desarrollo de procedimientos de diagnóstico y terapéuticos, incluyendo procedimientos quirúrgicos y -- otros tipos terapéuticos; recopilación y -- procesamiento, almacenaje e interpretación de datos de diagnóstico, además de la toma de decisiones en diagnóstico.

c) Análisis y diseño de sistemas de cuidado de salud incluyendo aspectos sociales y económicos, así como la compra de --- equipo, mantenimiento y programas de seguridad, manejo de pacientes, archivos de hospitales y planeamiento de cuidado de salud regional y nacional.

A continuación se mencionan algunos -- ejemplos para ilustrar las áreas más importantes en que se desarrolla la Ingeniería - Biomédica:

DESARROLLANDO NUEVOS INSTRUMENTOS. Los Rayos X han sido desarrollados para muchos fines, pero solamente nos dan información en dos dimensiones y por lo tanto la mayoría -

de las veces su interpretación debe ser basada para distinguir las "sombras" y la condición de órganos, los cuales pueden estar detrás de esas "sombras". La Ingeniería -- Biomédica ha desarrollado otra técnica. Esta técnica utiliza el sonido en la misma -- forma que los oceanógrafos lo han utilizado para localizar objetos debajo del agua. Por ejemplo, con esto es posible alargar la vida de un paciente identificando la presencia y localización de un tumor cerebral. De los muchos instrumentos inventados por ingenieros biomédicos se encuentran un minúsculo micrófono que puede ser introducido en una vena para diagnosticar anomalías en el corazón; métodos completamente automáticos para el análisis químico y visual de especímenes biológicos anormales.

REEMPLAZANDO Y REPARANDO DISPOSITIVOS. Algo de lo más importante en el desarrollo de dispositivos de Ingeniería Biomédica es lo referente al costo de las partes. Recientemente, algunos dispositivos fueron limitados para las partes externas del cuerpo ta-

les como: anteojos, dentaduras, brazos y piernas artificiales.

Mucho más revolucionaria es la idea de usar dispositivos para compensar la deficiente función de órganos internos, o para reparar partes dañadas o inclusive para reemplazar órganos dañados que necesiten más que una reparación. Algunos dispositivos han sido desarrollados por ingenieros biomédicos y sus investigaciones y experimentos prometen mucho para el futuro. Como por ejemplo podemos mencionar el detector electrónico de obstáculos para auxiliar a la gente invidente a que estime distancias y evite tropezar con objetos, caer en la calle y en alcantarillas abiertas; otro ejemplo es una especie de antebrazo y mano artificial que responden a comandos nerviosos, habilitándolo para abrir o cerrar la mano, alzar pesos e inclusive escribir.

Otra máquina para salvar vidas es el riñón artificial, un mecanismo que se hace cargo de la limpieza de la sangre que nor-

malmente es ejecutada por riñones normales. Uno o dos tratamientos a la semana, pueden alargar la vida de un paciente con riñones enfermos gracias al riñón artificial.

Mientras tanto, la investigación continúa buscando el desarrollo de más y mejores materiales que se adhieran o tomen lugar de órganos dentro del cuerpo humano. Los plásticos han provisto gran utilidad en algunas partes internas; nuevas resinas sintéticas pueden aún ser más útiles para sustituir algunas partes internas mientras los químicos continúan sus investigaciones con materiales adecuados para este propósito. El material necesitará ser compatible con un tejido vivo y tiene que cumplir con otras especificaciones importantes. Una válvula artificial del corazón, por ejemplo, ha sido hecha de un material que no sufre fatiga mecánica bajo la continua presión del flujo sanguíneo y su estructura química debe ser tal que no ocasione reacciones peligrosas como coágulos y que no sea corrosiva.

UTILIZANDO COMPUTADORAS Y PROCESADORA DE DA  
TOS. Las computadoras son un instrumento -  
de suma utilidad para la Ingeniería Biomédi-  
ca. Han hecho posible la solución a muchos  
problemas, ya sea en el manejo de gran in-  
formación, como en un monitor de paciente,-  
o convirtiendo impulsos nerviosos en el con-  
trol de una mano artificial. Todo esto po-  
dría ser casi imposible sin el auxilio de -  
esta gran herramienta.

Como gran herramienta que es, la compu-  
tadora es "universal" y el Ingeniero Biomé-  
dico debe saber darle un uso adecuado para  
la resolución de problemas. Un conocimien-  
to general de toda clase de computadoras --  
(digital, analógica, etc.) permitirían ha-  
cer el mejor uso, dada cierta característi-  
ca del problema en cuestión. Este conoci-  
miento general también ayudaría a prevenir-  
posibles caídas o trampas al intentar adap-  
tar el problema a la computadora, en lugar  
de escoger la mejor herramienta (otra compu-  
tadora) para la solución del problema.

INVESTIGACION. En las ciencias biofísicas, la Ingeniería ha contribuido con ideas para la realización de buenos instrumentos. Una parte de su investigación ha sido dedicada al aspecto biológico y a lo relacionado con las ciencias de la salud. Por ejemplo, los ingenieros han trabajado en la simulación de sistemas biológicos complejos con el objeto de comprender los procesos vivientes; han trabajado en la evaluación de los efectos de las drogas tranquilizantes sobre las fibras musculares; también en el estudio de la estructura cristal y molecular de la célula y su significancia genética. Quizá -- uno de los avances más dramáticos en este campo ha sido el desarrollo de nuevos conceptos para la investigación del cerebro -- --para conocer cómo aprende, recuerda, piensa y descansa.

MANTENIMIENTO DE HOSPITALES. El Ingeniero-Biomédico está encontrando algo de lo más desafiante en lo que respecta al trabajo en hospitales. El tiene que conocer los cientos de instrumentos calibrados para hacer -



diagnósticos y manejarlos apropiadamente. El también estará trabajando con sistemas quirúrgicos especializados. Hay que recordar que cada paciente tiene signos vitales que pueden ser controlados como la actividad eléctrica del corazón, la presión sanguínea, el ritmo del corazón y la temperatura.

INDUSTRIA. La Industria ofrece las mismas y desafiantes oportunidades al Ingeniero Biomédico que en cualquier otro lugar. Algunos Ingenieros Biomédicos que comenzaron sus carreras en un hospital o laboratorio, ahora tienen sus propias compañías que fabrican instrumentos biomédicos, hacen diagnósticos o dispositivos terapéuticos. Otros tienen negocios donde se dedican a la calibración, mantenimiento y reparación de equipo biomédico o dando servicios de seguridad eléctrica a hospitales.

### I.B.3 SUB/AREAS DE LA INGENIERIA BIOMEDICA Y EJEMPLOS DE PROBLEMAS

**AREA**

**EJEMPLOS**

**1. Relacionadas con Ingeniería Eléctrica**

**BIOELECTRONICA**

**Análisis y Diseño de Bioelectrodos**

**BIOINSTRUMENTACION**

**Diseño de Instrumentos de Medición y Monitoreo**

**Seguridad y Mantenimiento de Instrumentos**

**ANALISIS DE BIOSISTEMAS**

**Modelos de Sistemas Fisiológicos**

**Modelos de Interacción Hombre-Máquina**

**Modelos de Procesamiento de Información -  
en Fisiología**

**2. Relacionadas con Ingeniería Mecánica**

**MECANICA DE BIOFLUIDOS**

**Modelos de Flujo en Sistema Circulatorio**

**Mecánica de Fluidos de Heridas de Cabeza**

**y Espina Dorsal**

**BIOMATERIALES**

Materiales Implantables para Organos Artificiales

Mecánica de Fluidos Biológicos

**BIOMECANICA**

Modelos de Control y Movimiento Neuromuscular

Sentidos Mecánicos: Auditivo, Somatosensorial, Vestibular

Diseño de Prótesis Mecánicas

Diseño de Dispositivos Mecánicos para Organos Artificiales

**BIOENERGETICA (Macro)**

Intercambio de Energía en Reposo y Movimiento

Aspectos de Fisiología del Trabajo

3. Relacionadas con Ingeniería Química

INGENIERIA BIOQUIMICA

BIOMEMBRANAS

BIOENERGETICA (Micro)

Modelos de Procesos Bioquímicos

Diseño de Pruebas de Laboratorio Clínico

Producción y Pruebas Farmacológicas

Modelos de Procesos de Membranas Biológicas

Diseño y Pruebas de Membranas Artificiales

Modelos del Metabolismo

Microanálisis de Intercambio de Energía en Músculo

#### I.B.4 LA INGENIERIA BIOMEDICA EN MEXICO

NECESIDAD DE INGENIEROS BIOMEDICOS. En --- cuanto al campo de trabajo que actualmente tiene el Ingeniero Biomédico, se puede decir lo siguiente: en términos generales, México necesita de Ingenieros Biomédicos. Es decir, existen problemas que el Ingeniero Biomédico puede ayudar a resolver. Sin embargo, estos problemas existen en el interior del medio clínico mexicano, en el cual intervienen casi con exclusividad profesionales médicos, debido al desarrollo histórico del área de salud.

UNA CARRERA NUEVA. Dado que la Ingeniería Biomédica es una carrera nueva, el medio clínico no conoce o no reconoce lo que esta nueva gente puede hacer por ellos, para conjuntamente, en equipo, resolver las necesidades anteriormente mencionadas. En función de lo anterior, se podría pensar que las oportunidades de trabajo para el Ingeniero Biomédico son casi nulas.

EL MEJOR ACTOR ALGUNA VEZ FUE PRINCIPIANTE.

DIFUSION DE LA INGENIERIA BIOMEDICA. Sin em  
bargo, existe actualmente un importante pro  
ceso por medio del cual la Ingeniería Biomé  
dica se está dando a conocer, y existen ---  
tres principales agentes de difusión:

- \* Las Universidades han establecido con-  
tacto e intercambio con importantes --  
instituciones nacionales de salud ----  
(ISSSTE, IMSS, SSA, INN, INC) mediante  
los cuales se dan a conocer los objeti  
vos y alcances de la carrera.
- \* La Sociedad Mexicana de Ingeniería Bio  
médica (SOMIB) que agrupa a ingenie---  
ros, médicos y personas con intereses-  
afines para establecer lazos de comuni  
cación y de trabajo interdisciplina---  
rio, así como congresos y conferencias.
- \* Los egresados y alumnos de las Univer-  
sidades que establecen contactos para  
dar a conocer sus objetivos y aptitu-  
des a través de su servicio social o -  
de trabajos contratados por las insti-  
tuciones de salud o compañías de ins--  
trumentación.

Así pues, actualmente existe un proceso de cambio que abre las puertas hacia un futuro en el cual los Ingenieros Biomédicos tendrán un lugar importante en el medio clínico.

UN MARCO DE REFERENCIA. Para poder situar el marco de referencia de la Ingeniería Biomédica en nuestro país, creemos necesario mencionar lo siguiente:

- La inversión pública y privada en el sector salud de nuestro país es muy cuantiosa (en 1980 el activo fijo fue de 20,000 millones de pesos).
- La tecnificación en el sector salud está claramente definida hacia una progresión, por ejemplo, como lo demuestra la evolución de las unidades de cuidados intensivos.
- La tecnología es en casi toda su totalidad de importación, lo cual conlleva dos efectos indeseables, entre otros:
  - \* considerable escape de divisas al extranjero por concepto de regalías;

\* la carencia de soluciones tecnológicas apropiadas para los problemas de salud específicos de nuestro país.

Existe una escasa información de grupos de trabajo interdisciplinarios entre los profesionales que complementen la acción de los otros, tanto en el sector salud como en el de seguridad social, en el de investigación y en el del trabajo práctico.

CREACION DE UNA TECNOLOGIA PROPIA. El desarrollo armónico del país requiere de la actividad del Ingeniero Biomédico a fin de que, en su campo de actividad, coadyuve el desarrollo y adaptación de tecnología al marco socioeconómico del país tendiendo a la creación de una tecnología propia, actual y competitiva, que disminuya la dependencia tecnológica.

GRANDES PERSPECTIVAS. A pesar de su poco desarrollo en México, por ser una disciplina con carácter netamente interdisciplinario que difiere del tipo de enseñanza tradicio-

LA MAYORIA DE LAS PERSONAS TEMEN A LA MUJERTE PORQUE NO HACEN LO SUFICIENTE EN LA VIDA.

-P.U.



nal en México, el Ingeniero Biomédico cuenta con grandes perspectivas. En la investigación puede DISEÑAR equipos médicos, colaborar con los grupos de investigación médica, investigar en el área médica o biológica en cuanto al modelado y simulación de procesos o sistemas que involucran vida.

Consideramos que la solución a ciertos problemas que nos aquejan en el área de la Ingeniería y de la Instrumentación Biomédica y consecuentemente también en los problemas de salud que laceran a nuestro pueblo, hace necesario de manera urgente que se vaya reduciendo la dependencia tecnológica, que nos está retrasando considerablemente.

TENEMOS INFRAESTRUCTURA. Actualmente, se tiene la impresión que contamos con la infraestructura técnica y científica para nuestro desarrollo tecnológico. Esto nos ayudará para lograr un incremento de bienes materiales, de empleos, logrando así que los equipos que se fabriquen en nuestro país, estén al alcance de un mayor número

de usuarios tanto de servicios como de instituciones médicas, en las zonas rurales y marginadas de la República Mexicana.

AUNAR ESFUERZOS. Puede ser que las condiciones actuales, en lo que respecta a organización tanto social como económica, no sean las más favorables para el logro de estos objetivos, por lo que debemos aunar nuestros esfuerzos para propiciar que se determinen de una vez los caminos a seguir, tomando en cuenta las necesidades de equipo que sean factibles de producirse actualmente en nuestro país y que tal vez sin grandes inversiones de dinero, permitan a través de los industriales que tengan confianza en la capacidad técnica del Bioingeniero Mexicano, lograr desarrollar una industria prestigiosa.

NECESITAMOS APOYO. También debemos tomar en consideración la ayuda que pueda proporcionar el gobierno si decide copatrocinar alguna de estas actividades, para lograr que el sector salud cuente con el equipo

NADIE PODRA MONTARSE--  
NOS ENCIMA SI NO ENCOR  
VAMOS LA ESPALDA.

-M.L.E.

electromédico a un precio relativamente accesible, lo que conllevará a un incremento en la eficiencia de los centros de salud, - en cuanto a diagnóstico y terapia se refiere.

APLICAR LA CIENCIA Y TECNOLOGIA CON SENTIDO HUMANO. Desgraciadamente, a nosotros no -- nos corresponde modular las políticas económicas y sociales a fin de configurar una estructura más firme, en este sentido y llena de realidades para el presente y el futuro. No está del todo en nuestras manos el poder lograr la infraestructura que nos permita - realizar todos los nobles propósitos que encierra esta profesión. Dependemos del apoyo y la comprensión de funcionarios y en el caso de querer desarrollar nuestra tecnología, de recursos económicos, con los que generalmente no contamos. Máxime si se pretende un desarrollo integral. Tomando en cuenta nuestras condiciones actuales, sería indigno de nuestra parte, como hombres, como ciudadanos y como profesionistas, el utilizar nuestros conocimientos como una base-

ES NECESARIO TENER UN GOBIERNO, PERO DEBEMOS VIGILARLO CON OJOS DE LINCE. -M.F.

de poder, para beneficios mezquinos. Sería inhumano que el Bioingeniero aplique la ciencia y tecnología sin un objetivo con sentido humanista. Todos, hoy en día, estamos viviendo los problemas y la confusión que causa el explosivo crecimiento demográfico y como resultado de este desmedido crecimiento, la atención médica a grandes grupos de la población es casi nula.

SE REQUIERE ANTE TODO CONCIENCIA. Esta palabra puede parecer altisonante, pero en un sentido estricto nos referimos a que debe existir un conocimiento muy a fondo de esta problemática nacional y entender que aunque no se pueden resolver todos los problemas al mismo tiempo, sí se puede ir creando la interrelación entre el Bioingeniero que sí conoce estos problemas y cómo resolverlos, y el gobernante o funcionario que sepa cuál es el papel que juega este profesionalista en nuestra sociedad.

Resumiendo, creemos que en nuestro país México, que recién ahora comienza a --

formar recursos humanos, los objetivos a seguir en este campo, son los siguientes:

PROPICIAR. Propiciar la formación de ingenieros que, conscientes de las necesidades tecnológicas de la medicina y la biología en México, apoyen al desarrollo de una industria nacional con tecnología propia en el campo de los equipos médicos y biológicos.

ESTABLECER. Establecer el punto de unión entre los resultados actuales de las ciencias puras y su aplicación en medicina y biología.

CREAR. Crear un vínculo entre la medicina, la biología y la tecnología, indispensable para la integración de grupos interdisciplinarios de investigación científica en los campos de la medicina y la biología.

CAPACITAR. Capacitar a profesionales de alto nivel para la instalación, conservación y asesoría de empleo de equipos y sistemas-

dedicados al servicio de la medicina y ciencias afines.

PREPARAR. Preparar a maestros y doctores - en ingeniería biomédica que posean las características científicas necesarias, a fin de contribuir a la superación docente y de investigación del país.

Creemos que contamos con la infraestructura tecnológica para iniciar un diseño y la construcción de los equipos biomédicos que se requieren fundamentalmente para el trabajo de diagnóstico y de investigación. Debemos ser optimistas en cuanto al desarrollo económico y social de la nación. En algunos años seremos autosuficientes con respecto al personal humano en el área de la Bioingeniería en el sector salud, tanto gubernamental como privado.

Si se logra convencer a los empresarios mexicanos y al propio gobierno de la imperiosa necesidad de fabricar en nuestro país componentes electrónicos miniaturiza-

A VECES, LOS FRACASOS  
SON EL TRANICLIN DE --  
LOS EXITOS. -M.C.

dos tendríamos la posibilidad de iniciar --  
nuestra industria en lo que respecta a la -  
fabricación de equipo biomédico, con cierto  
grado de sofisticación y con una tecnología  
competitiva en el mercado mundial.

"Tendremos que desarrollar nuestra in-  
.piente tecnología en el campo de la Bioin-  
geniería y dar un mayor servicio en el área  
de la salud, a nuestro pueblo".

TODO SALDRA BIEN, PERO  
A VECES SE NECESITA MU-  
CHO TIEMPO PARA AGUAR-  
DAR.  
-H.D.

CAPITULO II

TECNICAS DEL DISEÑO EN LA INGENIERIA



## II. TECNICAS DE DISEÑO EN LA INGENIERIA

INTRODUCCION. Es el ingeniero el que está efectuando la gran revolución en la tecnología. En gran parte debido a su esfuerzo, al fin se ha logrado el potencial técnico para construir una sociedad con menos privaciones.

EL INGENIERO está relacionado con la creación de objetos materiales para servir a las necesidades humanas. La ingeniería industrial se refiere al diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por personas, materiales, equipos y energía. Se basa en conocimientos, habilidades especializadas en las ciencias físico-matemáticas y sociales, junto con los principios y métodos del análisis y diseño de ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados producidos por estos sistemas para lograr el bienestar progresivo de la humanidad.

## II.A NATURALEZA DEL DISEÑO EN INGENIERIA

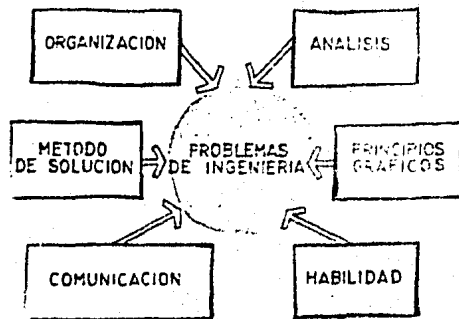
### II.A.1 ENTORNO Y RELACION INTERDISCIPLINARIA DEL DISEÑO

Antes de comenzar a diseñar un equipo biomédico, vamos a establecer una metodología general del diseño.

FILOSOFIA DEL DISEÑO. No podemos limitarnos a considerar que el problema fundamental del diseñador, solamente, reside en --- construir equipo y resolver diversos problemas técnicos que satisfagan las necesidades de la sociedad. Debemos ir más allá y entender que el proceso de diseño en ingeniería, es un proceso amplio, relacionado con el contexto de todas las actividades humanas. Además debemos visualizar que el proceso de diseño en general, consta de tres aspectos: un aspecto de creatividad, otro de análisis y uno que comprende tomas de decisión.

ACTIVIDADES DEL HOMBRE. En una sociedad --

técnica y científica existen diversas formas para organizar las actividades constructivas del hombre. Una ilustración al respecto se presenta en la figura, la cual muestra en una de sus dimensiones la relación de la ingeniería con la ciencia, por un lado; y con la producción por el otro. Hemos manifestado anteriormente que en la actualidad los ingenieros no pueden escapar a la necesidad de conocer, entender y utilizar las ciencias físico-matemáticas fundamentales; además los ingenieros deben relacionar su trabajo con las condiciones de producción. Lo que no pueda construirse es inútil.



VINCULACIONES DEL INGENIERO. Además de ser coordinador entre la ciencia y la producción, el ingeniero está vinculado con las artes y los oficios, en lo que podría llamarse el aspecto de funcionalidad y estética de su profesión. Las cosas prácticas rara vez son desagradables; esto es cierto no solamente porque tendemos a ver la belleza en lo práctico, sino también porque pocas veces toleramos durante largo tiempo aquello que no es razonablemente atractivo.

RELACIONES CON LA ECONOMIA. Otra dimensión comprende la vinculación con la economía, la sociología y la política. La relación con la economía es obvia pues ningún gobierno o empresa privada pueden permitirse el lujo de hacer cuanto desean en cualquier tiempo dado. Los recursos económicos deberán estar disponibles, y el ingeniero que diseña, si va a tener cualquier responsabilidad relevante en la decisión, deberá estar capacitado para atender ampliamente la economía de su departamento, compañía, comunidad, sociedad y la mundial.

OTRAS RELACIONES. El ingeniero siendo un ser humano, realiza actividades humanas de diversa índole; tiene vida personal, familia, amistades, filosofía, religión, etc. Además interesan las diversas expresiones del hombre a través del arte, ya sea pintura, música, literatura u otra.

Una vez que se ha visualizado el panorama general del diseño, podemos definir la metodología del diseño que se va a utilizar, en la construcción de un prototipo de equipo biomédico.

## II.A.2 TECNICAS GENERALES DEL DISEÑO

TAREA DEL DISEÑO. El diseño tiene como tarea idear, sujetándose a ciertas restricciones respecto a la forma de resolver el problema, un componente, sistema o proceso para realizar óptimamente un trabajo específico.

EL PRIMER PASO del proceso de diseño, es el de definir el problema, reconociendo y com-

prendiéndolo, para poder ubicar las metas y objetivos.

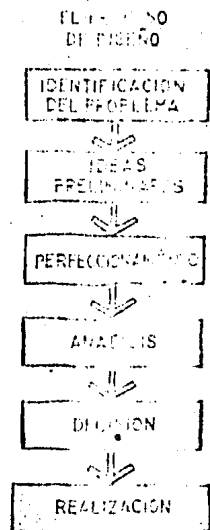
EL SEGUNDO PASO es la descripción de una ta rea más específica a realizar; aquí siempre existirá una toma de decisión.

EL TERCER PASO de este punto se pasa a la etapa de creatividad en donde el ingeniero- utilizando imaginación, ingenio e inventiva formula una manera, un método, o un concepto de cómo lograr que se lleve a cabo la ta rea especificada anteriormente.

CUARTO PASO. El siguiente paso es anali--- zar, calculando, comprobando y evaluando la tarea especificada en el segundo paso. De--- aquí particularizaremos la solución al problema definiendo métodos de producción, --- tiempos, material, etc.

Finalmente se llega a las etapas de fa bricación, distribución, venta y servicio.

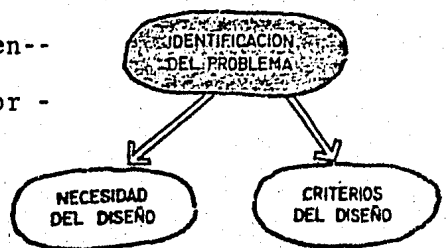
Debemos tener en cuenta que la secuen-



cia de estos rubros no es rígida, que se -- realizan siempre varias iteraciones a través de diversas etapas del proceso y se realizan consideraciones retrospectivas.

TAREA DE LA INGENIERIA. La labor de la ingeniería consiste en realizar un diseño completo de un producto o de un servicio. Normalmente, pueden concebirse muchos diseños-  
posibles para ejecutar una función dada, y-  
es extremadamente difícil determinar cuál -  
será el más apropiado.

NECESIDAD DE UN METODO DE DISEÑO. Esa es -  
la naturaleza del diseño en la ingeniería, -  
hacer posibles múltiples soluciones. En --  
consecuencia, es necesario algún método pa-  
ra llegar tan lógicamente como sea posible,  
a la mejor solución para un caso dado. Pa-  
ra llegar a esta solución el ingeniero afor-  
tunado es cuidadoso para gastar parte consi-  
derable de su tiempo desarrollando la com-  
prension del problema antes de proceder a -  
una solución. Por lo tanto es útil enten-  
der y usar un plan para realizar la labor -



de diseño, el plan se llama proceso de diseño y es una serie de pasos o etapas a través de las cuales cualquier diseño deberá pasar antes de terminarse.

El proceso del diseño en la ingeniería se compone de los pasos requeridos para completar la labor del diseño. Para cualquier trabajo profesional puede definirse un proceso de trabajo.

¿QUE ES EL DISEÑO? El diseño es el procedimiento utilizado en el desarrollo de la solución de un problema mediante la combinación de principios, medios y productos. El diseño de un producto es la responsabilidad que más distingue al ingeniero del científico y del técnico. Sus soluciones pueden comprender consideraciones de componentes existentes en arreglos diferentes para poder producir un resultado más eficiente o pueden incluir el desarrollo de un producto enteramente nuevo, en cualquiera de estos casos, su trabajo se refiere al proceso de diseño.



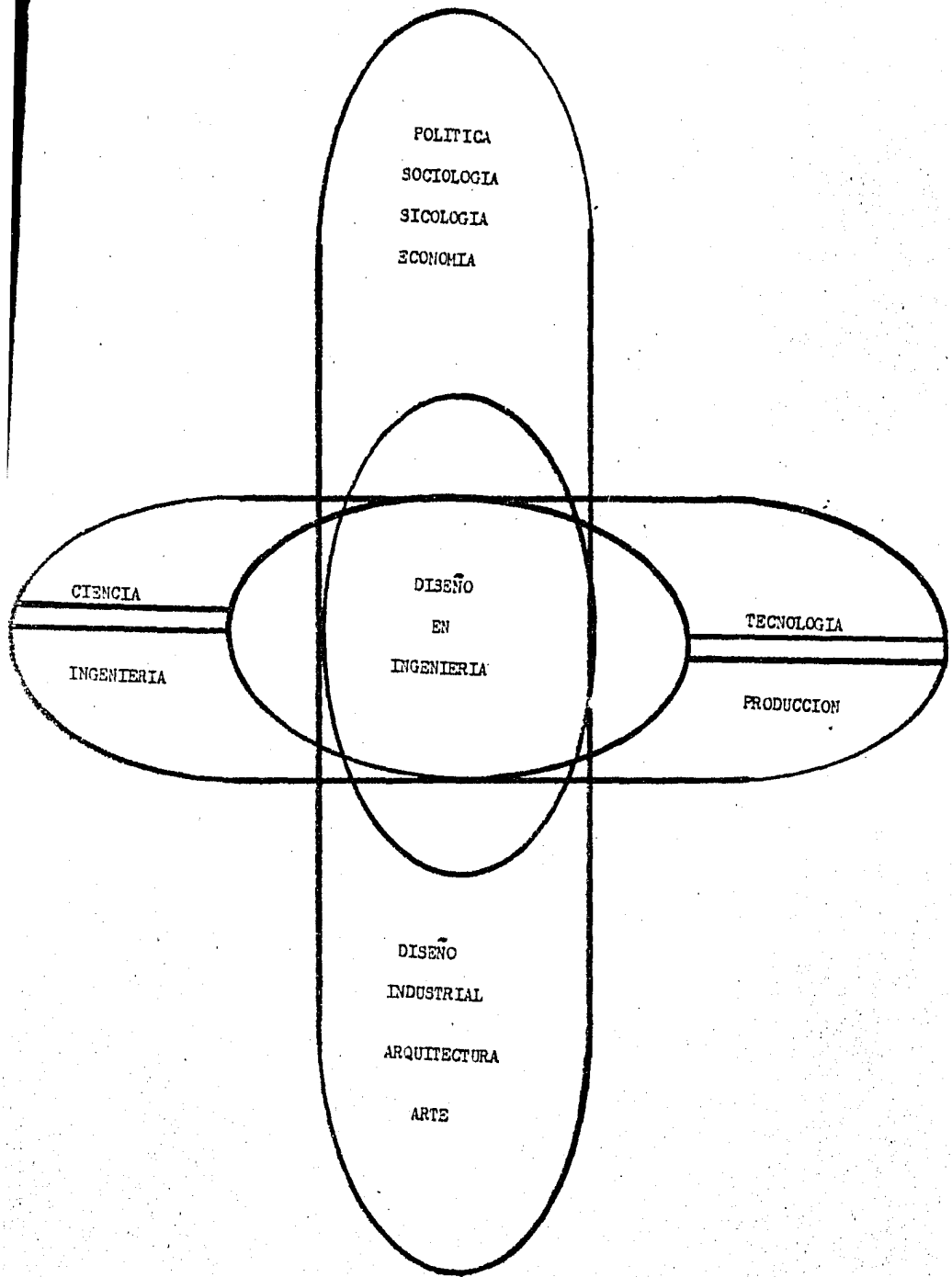
¿QUE ES EL PROCESO DEL DISEÑO? El proceso del diseño es la pauta corriente de actividades que el diseñador sigue para obtener la solución de un problema tecnológico. Se han sugerido muchas combinaciones de las etapas que capaciten al individuo para formar los objetivos del diseño.

En este trabajo tenemos seis etapas - secuenciales para resolver un problema de diseño y son las siguientes:

1. Identificación del problema
2. Ideas preliminares
3. Perfeccionamiento
4. Análisis
5. Decisión
6. Realización

### II.A.3 METODOS GRAFICOS

Por gráficos de ingeniería se considera generalmente el área total de métodos -- gráficos utilizados para la solución de problemas e incluye dos campos: geometría des



criptiva y dibujo de planos de trabajo. Dentro de esta área también se incluyen otras ramas que pueden utilizarse para una gran variedad de aplicaciones minúsculas y de ingeniería, como: nomografía, matemáticas gráficas, ecuaciones empíricas, análisis vectorial, análisis gráfico y otras.

EL METODO GRAFICO es el medio fundamental para crear la solución de un problema que requiere innovaciones no disponibles, aún para el diseñador. El gráfico es el método que el diseñador utiliza para pensar, resolver y comunicar sus ideas.

NECESIDAD DE METODOS GRAFICOS. Los métodos gráficos constituyen complementos vitales para las ciencias de ingeniería. El conocimiento de estos métodos por parte del ingeniero, técnico y diseñador es indispensable con el propósito de disponer de toda su ayuda para resolver eficientemente un problema en un tiempo mínimo.

MODELOS A ESCALA REDUCIDA. Los modelos a

escala reducida son invaluable en el análisis de un diseño para establecer las relaciones entre las partes móviles, la apariencia exterior y para evaluar otras características del diseño. Los prototipos en tamaño natural se construyen después de estudiar los modelos a escala.

USOS DE LOS METODOS GRAFICOS. Los métodos gráficos se utilizan como herramientas para modificar los diseños en cada revisión. Los gráficos en ingeniería deben utilizarse para traducir el diseño preliminar y sus datos al lenguaje del fabricante, quien será el responsable de la conversión de estas ideas en realidades. Los operarios deben recibir instrucciones completas y detalladas para la fabricación de las piezas con la precisión adecuada. Los planos deben ser suficientemente detallados y explícitos.

Siendo de gran importancia los gráficos de ingeniería así como los conocimientos de los principios científicos y de la ingeniería estos tienen poco valor en el campo del diseño si estas disciplinas no

pueden dirigirse hacia un fin tangible que resuelva completamente las necesidades de una situación dada. Para que el ingeniero se realice en toda su extensión, debe ejercitar la imaginación, su curiosidad y sus conocimientos.

## II.B PROCESO DEL DISEÑO

### II.B.1 CREATIVIDAD

El aspecto de creatividad en el proceso de diseño de ingeniería será el siguiente tema que abordemos.

Todos tenemos una facultad creadora, una facultad demostrable de engendrar ideas nuevas y útiles para lograr las metas, en nuestro caso, las que se persiguen en la ingeniería.

LO IMPORTANTE NO ES TENER MUCHAS IDEAS, SINO LA IDEA OPORTUNA EN CADA CASO. -J.Z.

- a) CONCEPTOS A CONSIDERAR EN LAS IDEAS --  
PRELIMINARES PARA EL DISEÑO

Para desarrollar estas ideas debemos -

contar con algún método, a continuación describiremos varios que pueden ser de utilidad al proceso de diseño.

**RASGOS DE LA CREATIVIDAD.** La creatividad tiene tres rasgos esenciales. Primero que nada existe la cualidad de INNOVACION u ORIGINALIDAD. Esto es un requisito obvio que no necesita ninguna explicación.

**INVENTIVA.** En segundo lugar, las cosas llamadas de inventiva son o bien útiles, como en el caso de un producto, o apreciadas, como en el caso de las obras de arte. Aun cuando una idea, cosa, proceso, sistema u obra de arte, pueda ser nueva y única, si nunca ha sido o será útil o apreciada por alguien, no merece el calificativo de inventiva. Aquellas cosas a las que se les califica de inventiva no son tan sólo diferentes a otras: tienen alguna vez un fin determinado, o son bellas, o reúnen ambas cualidades.

**SENCILLEZ.** Una tercera cualidad de las co-

sas llamadas de inventiva es que aportan -- sencillez donde antes existía complejidad.- Esta cualidad se conoce con frecuencia como elegancia. Una solución nueva y sencilla a un problema muy complejo es elegancia.

Para lograr cumplir con los puntos antes descritos, podemos a largo plazo, hacer lo siguiente:

1. Practicar la perceptividad al observar al mundo.
2. Planear el tiempo, a fin de que el proceso de imaginación se consuma.
3. Cuidar de la predisposición por ser -- factor de inhibición.
4. Aprovechar las oportunidades que se -- presentan de tomar parte en experimentos.

Para generar ideas y mejorar la capacidad creadora, existen varias recomendaciones y reglas, además de métodos bien delimitados.

En un grupo que tiene como objetivo común la resolución de un problema, para que exista una capacidad creadora mayor existen tres reglas primordiales.

#### REGLAS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD CREADORA.

La primera de ellas es que no se permiten críticas ni opiniones, ya sean favorables o desfavorables. Esta es generalmente la regla más difícil y más importante.

La segunda regla de la generación de ideas es la exteriorización de muchas ideas, ya que una idea puede conducir a otra. Se hace hincapié en que no es fácil exteriorizar ideas sin juzgarlas de antemano.

La tercera regla consiste en pensar -- desenfrenadamente; toda clase de ideas son bien recibidas. Al enjuiciarlas posteriormente, muchas de ellas se desecharán por -- ser inútiles, pero el proceso consiste en -- permitir que las ideas fluyan tan libremente como sea posible.



## b) TECNICAS PARA DESARROLLAR LAS IDEAS

Después de haber visto las reglas primordiales podemos empezar a exponer diferentes métodos para obtener nuevos puntos de vista ya sea para la comprensión o la resolución de un problema determinado.

**INVERSION.** La esencia de este método reside en la conversión de la función, forma y disposición. Si una pieza en un problema se mantiene siempre hacia arriba, la inversión significa voltearlo de arriba a abajo, o tal vez horizontalmente, o quizás colocarlo en cierto ángulo. Si una parte de un sistema se mueve y la otra permanece estacionaria, la inversión significa intercambios de posición. De arriba a abajo, de dentro a afuera, de marcha a atrás, etc., son los términos que describen el método de inversión para engendrar nuevas ideas.

**ANALOGIA.** Con bastante frecuencia, las soluciones encontradas para problemas en los cuales prevalecen situaciones análogas a --

las del que se pretende resolver, pueden -- sugerir ideas de partida para su solución.- La naturaleza ha encontrado muchas formas - de hacer las cosas, proporcionándonos un -- banco enorme de ideas y conceptos nuevos. - Las diferentes ciencias y oficios presentan soluciones a problemas que son similares a los encontrados por los ingenieros. Podemos usar, también, una analogía con la literatura, buscando ideas nuevas en libros diversos, leyendas, fábulas, poemas, etc. Así en la literatura como en otras artes se presentan estas nuevas ideas.

EMPATIA. Este método parte de la idea de - la identificación y sentimiento personal de una persona hacia otra. Para mejorar la capacidad creadora, la empatía propone la --- identificación con los objetos o piezas, para ver desde su posición y punto de vista - la que esta podría ser, y hacer.

FANTASIA. La fantasía hace creer o desear - que las cosas sean en determinada forma. El uso de la fantasía para estimular nuevas --

ideas involucra el soñar en algunas soluciones imaginativas, valiéndose de cosas ilusorias o procesos sobrenaturales, si es necesario. La consideración de una solución -- ideal es, muy frecuentemente, bastante provechosa, aun cuando involucre alguna fantasía. Por supuesto, la esperanza es que lo deseado pueda aportar un nuevo punto de vista o concepto que finalmente conduzca a una nueva y práctica solución.

¿COMO OBTENER IDEAS NUEVAS? A continuación presentamos algunas indicaciones que permiten mejorar el éxito en la obtención de nuevas y útiles ideas:

- Define el problema, escribiéndolo lo más concisamente posible.
- Enfoca toda la atención en el problema.
- Crea primero, después juzga.
- No darse por vencido.
- Halla el tiempo del día en que se es más creador.
- No caigas en la autosatisfacción.
- Organiza un método.

- Mantente alerta por ideas que surgen improvisadamente.
- Cuidarse de las ideas vagas.
- Varía rutinas cotidianas.
- Aprende a reconocer errores.
- Haz trabajar todos los sentidos.
- Anota las ideas.
- Fija límites de tiempo.

Discute con personas que puedan facilitar soluciones o ideas, y por último - haz una lista de verificación, una lista de preguntas como la siguiente:

¿Adaptar? ¿Qué más hay como esto? --  
 ¿Qué otra idea sugiere esto? ¿Ofrece el pasado algo semejante? ¿Qué podría copiar? ... ¿Modificar? ¿Cambiar el color, significado, movimiento, sonido, olor, forma? ... ¿Amplificar? ¿Qué puedo añadir? ¿Más alto, más largo, más fuerte, más grande, más grueso? ... --  
 ¿Minimizar? ¿Qué puedo sustraer? ¿Alivianar, abortar, romper, omitir? ... -  
 ¿Substituir? ¿Otro ingrediente, material, proceso, fuente de energía? ...-

¿Volver a arreglar? ¿Puedo intercambiar componentes? ¿Usar otra secuencia, otra distribución? ¿Cambiar de porte, de plan? ... ¿Invertir? ¿Usar opuestos? ¿Retroceder? ¿Trastornar? ... ¿Combinar? ¿Una mezcla, un arreglo? ¿Puedo combinar propósitos, recursos, metas, ideas?

RENOVAR. El punto central de toda nueva idea está en renovar mejoras, combinar o modificar las ideas antiguas. Si alguien realiza lo anterior por accidente dirán que es afortunado. Si lo hace con intención, lo llamarán creador.

USO EFICIENTE DEL PROCESO CREATIVO. Todos somos capaces de producir ideas casi a voluntad. El problema consiste en comprender y hacer uso del proceso creativo de un modo eficiente.

EL PROBLEMA. Primero se tiene un problema que resolver o una actividad que se desea comenzar, por ejemplo: cambiar la decora-

ción de su casa o utilizar desperdicios para producir un subproducto lucrativo.

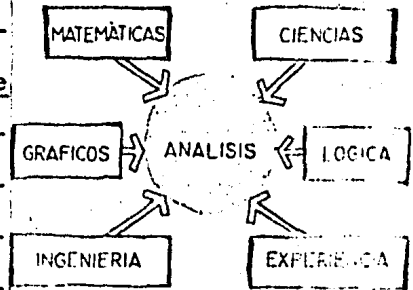
SOLUCION DEL PROBLEMA. Después de esto se investigarán todas las formas viables para desarrollar la idea incipiente. Se tendrá que conseguir cuanta información sea posible. Después la inspiración es un punto clave del proceso creativo, con toda la perceptividad que contiene, la inspiración puede ser ilusoria, por esta razón hay que tomar distancia y reflexionar acerca de sus ideas lo más objetivamente posible.

NECESIDAD DE LA CREATIVIDAD.: La creatividad es tan importante para el ingeniero como para el artista. El ingeniero debe ser creativo dentro de ciertos límites impuestos por las leyes físicas que no pueden violarse. Su diseño debe funcionar y proporcionar un servicio que valga la pena a un costo económico por lo que debe producir soluciones dentro de este marco restringido.

EL HOMBRE QUE CONCEBE  
UNA IDEA NUEVA ES UN -  
CHIFLADO HASTA QUE ESA  
IDEA TRIUNFA. -M.T.

## II.B.2 ANALISIS EN EL DISEÑO

INTRODUCCION AL ANALISIS. El proceso del diseño es una serie de etapas en la evolución de una solución a un problema. El propósito de cada fase es diferente; además, el tipo de actividad de solución del problema en cada una es diferente. Sin embargo, estas etapas no tienen definidos límites agudos, no son ordenadamente progresivos. Hay ocurrencias de modo que el énfasis se puede trasladar de una fase a la siguiente. Ocasionalmente se te ocurrirán soluciones mientras la definición del problema sea la actividad predominante; durante el desarrollo de la fase puede reformular el problema. Similarmente, es imposible no hacer alguna evaluación en la fase de exploración.



AMPLITUD DEL PROCESO DEL DISEÑO. El proceso del diseño abarca las actividades y eventos que transpiran entre el reconocimiento del problema y la especificación de un funcional, económico y otras características que solucionen satisfactoriamente el problema.

¿COMO SE DISEÑA? Diseñar es el proceso general por el cual el ingeniero aplica sus conocimientos, herramientas y puntos de vista en la creación de artículos, estructuras y procesos. Esto es, además, la actividad central en la práctica de la ingeniería. Siempre que el ingeniero pueda estar creando lo hace mediante un proceso de diseño básico.

a) RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA

Los objetivos primarios de la formulación del problema son decidir en términos generales, ¿cuál es el problema? determinar hacia dónde debe ir nuestra atención y obtener una buena visión del problema para que éste sea resuelto de la mejor manera posible.

PROBLEMAS DEL DISEÑO. Los problemas de diseño son múltiples y toman muchas formas. Sin embargo, la mayoría pueden clasificarse en dos categorías:



- Diseño de sistemas.
- Diseño de productos.

PROBLEMAS DE SISTEMAS. Un problema de sistemas es aquél que comprende la interacción de componentes y principios interrelacionados que conforman un conjunto que funciona como una unidad.

PROBLEMAS DE PRODUCTOS. El diseño de productos se refiere al diseño, prueba, manufactura y venta de un elemento que realiza una función específica. Tal producto puede ser un electrodoméstico, una herramienta, un componente de un sistema, un juguete o un elemento semejante que pueda comprarse como una unidad comercial. En razón de su función limitada, la elaboración de un producto es considerablemente más específica que el diseño de un sistema.

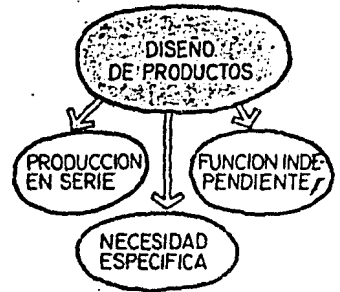
El diseño de productos depende más de las necesidades del mercado, costo de producción, función, ventas, método de distribución y predicción de utilidades. Aunque

esta es la inquietud inicial en la aproximación al diseño del producto, este concepto puede ampliarse hasta abarcar el sistema total que puede sufrir cambios de orden económico y social.

PLANEAMIENTO. Debemos hacer notar que el planeamiento para el futuro se basa en necesidades y tendencias pasadas, que suministran datos históricos como consideraciones de diseño.

PROBLEMAS PARALELOS. La función técnica será el área primordial que sustente el proyecto; sin embargo, el proyecto también comprende problemas legales, principios científicos y limitaciones políticas.

PROTOTIPO. El diseño detallado lleva sobre todo el concepto del diseño desarrollado. Todos los detalles son finalmente archivados para realizar la construcción de un prototipo derivado de las instrucciones de diseño. Este prototipo toma en cuenta precisamente las consideraciones y limitaciones



expuestas anteriormente, de esto se espera que el sistema o artículo sea satisfactorio para su producción.

Gran parte del trabajo de ingeniería - consiste en determinar si un problema realmente existe y en qué consiste.

Un problema puede ser satisfactoriamente formulado verbal o diagramáticamente sobre papel o en la mente. En muchos casos - unas pocas palabras serán suficientes.

CONCEPCION A PRIORI DEL DISEÑO. El diseñador, generalmente, tiene una idea aproximada del problema, los criterios del diseño y los requisitos que deben satisfacer las soluciones, al comenzar su análisis del problema. De esta manera le resulta fácil con centrarse prematuramente en la solución par ticular de un problema antes de analizarlo completamente. Más tarde, se dará cuenta - de que su primera impresión, seguramente no tenía el fundamento adecuado o este era inexacto debido al estudio incompleto de to--

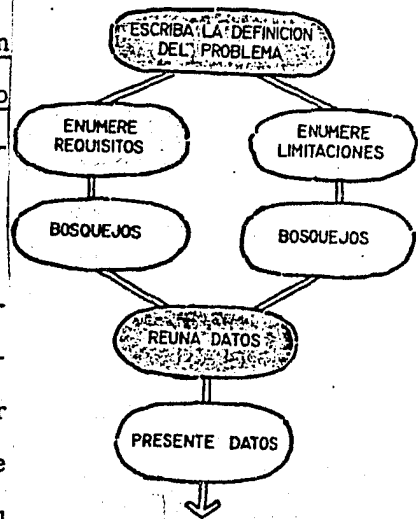
dos los factores.

**IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.** La identificación del problema es un ejercicio mental -- que requiere que el diseñador analice los requisitos, limitaciones y otros parámetros.

Para facilitar la identificación del problema presentamos a continuación un método relativamente sencillo:

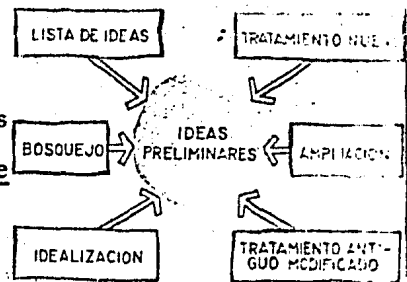
El diseñador debe dedicar todos sus esfuerzos a la transcripción de sus pensamientos en hojas de trabajo tan pronto como sea posible, en vez de perder el tiempo esperando la inspiración. Para comprender el método describimos brevemente los pasos iniciales en la identificación del problema.

1. **DEFINICION DEL PROBLEMA.** Esta definición se debe escribir como punto de partida del proceso mental. La definición debe ser completa y concisa para que el diseñador se pueda referir a ella con un mínimo de lectura.



2. REQUISITOS DEL PROBLEMA. Haga una lista de los requisitos positivos que debe satisfacer el diseño. Utilizando palabras o frases para describir requisitos o funciones específicas y que sean importantes en la solución del problema. Estas proposiciones pueden ser preguntas para contestar --- cuando se tengan datos suficientes.

3. LIMITACIONES DEL PROBLEMA. Enumere los factores negativos que restringen el problema.



4. BOSQUEJOS. Haga bosquejos de cualquier limitación física o requisito relacionados con el problema. Añada las anotaciones o dimensiones que aclaren la idea del bosquejo.

5. RECOLECCION DE DATOS. Un diseño completo puede necesitar el estudio de datos existentes relacionados con el problema. Estos datos pueden ser: crecimiento de población, diseños afines, características físicas asociadas con el problema o análisis del merca

do, cuando se elabora un producto de consumo general. La información de este tipo debe presentarse gráficamente cuando sea posible para permitir un análisis más fácil.

MODIFICACIONES DEL DISEÑO . El diseñador -- puede descubrir que su concepto acerca de la identidad del problema cambia a medida -- que obtiene más información pertinente, esto ya lo habíamos señalado. En este caso, -- se debe modificar la definición del problema para describirlo en una forma más apropiada, para esto el diseñador debe mantener una mente despejada que admita modificaciones de sus puntos de vista acerca del problema.

DIFERENCIAS EN LA IDENTIFICACION DE PROBLEMAS. Debemos hacer notar que existen diferentes enfoques de la identificación del -- problema ya sea, que se diseñen productos o que se diseñen sistemas.

El diseñador de productos considera -- más importantes los detalles de mercadeo --

del producto y su aceptación que el diseñador de sistemas quien generalmente no diseña para el consumo general. En ambos casos el diseñador debe identificar la necesidad del problema y recopilar los datos necesarios.

#### b) PROPOSICION DE SOLUCIONES

Este paso requiere de facultad creadora. Teniendo un problema y un conjunto de especificaciones con los cuales cumplir. La exigencia usual es producir un concepto de diseño que incluya todo y que, lleno de esperanzas, cumplirá con todas las especificaciones.

¿CUANDO OCURREN LAS SOLUCIONES? Las soluciones probablemente ocurrirán cuando se está definiendo un problema, pero pueden estar basadas en otros productos y no son el objetivo de nuestros esfuerzos. En esta fase del proceso del diseño se encuentran soluciones alternativas. Se vuelve un problema la búsqueda en la mente, en la literatu-

ra y en el mundo que nos rodea.

FUENTES DE OBTENCION DE SOLUCIONES. La vasta acumulación de conocimientos de los hombres proveen de soluciones ya hechas y listas para aplicarse para muchas partes de -- los problemas. Buscar estas partes solucionadas es un proceso de exploración en la memoria, libros, revistas, etc. Hay una segunda fuente de soluciones "nuestras pro---pias ideas", el fruto del proceso mental -- llamado invención.

Desafortunadamente inventar soluciones no es un directo y controlable medio de fabricar soluciones. No todas las ideas pueden ser realizables, consecuentemente debemos prestar devota atención a improvisar -- cuando sea realizable la habilidad inventiva.

¿COMO OBTENER SOLUCIONES? El primer paso -- entonces, es volverse más inventivo para -- desarrollar una actitud positiva a la posibilidad de encontrar las mejores soluciones

CONFÍAR EN TODOS ES IN  
SENSATO; PERO NO CON--  
FIAR EN NADIE ES AUN --  
MAS INSENSATO. -S.S.



originales a cualquier problema.

Un excelente método es concentrarse sobre las soluciones todas a la vez y pasando a generar muchas posibilidades de éxito para cada una. Hay una tendencia a encontrar rápidas soluciones antes de pararse en sus necesarias consecuencias y por lo tanto -- apresurarse y no ser detalladas correctamente en las evaluaciones.

LAS IDEAS PRELIMINARES. Las ideas preliminares pueden obtenerse por medio de los métodos de investigación cuando se hace un estudio de productos y diseños semejantes que han sido previamente desarrollados. Muchos proyectos de diseño están estrechamente relacionados con diseños existentes que suministrarán al diseñador las ideas que pueden ser modificadas para llenar las necesidades de su problema; este proceso de emplear los principios conocidos en nuevas aplicaciones se llama síntesis. Hay muchas fuentes de referencia, que suministran soluciones comparativas de diseño para posterior análisis.

Algunas de éstas son revistas técnicas, folletos del fabricante de sus productos elaborados, publicaciones periódicas, registro de patentes y consultores profesionales.

REVISTAS TECNICAS. Las bibliotecas tienen numerosas publicaciones técnicas que revisan los desarrollos corrientes dentro del área de especialización cubierta por la publicación. El ingeniero y el técnico encuentran excelentes revistas sin costo alguno, debido a que son de circulación de suscripción controlada. Estas publicaciones son costeadas por la publicidad de productos empleados principalmente por los suscriptores para los cuales fueron publicadas. Los artículos de las publicaciones técnicas ofrecen a menudo explicaciones completamente detalladas de diseños únicos ilustrados con bosquejos y fotografías. Tales artículos son de utilidad porque suministran ideas generales que pueden ser aplicadas a un determinado proyecto de diseño. Los anunciadores de estas publicaciones pueden suministrar informaciones sobre materia

les y componentes que pueden ser necesarios en la solución de diseño. Las especificaciones técnicas adicionales pueden obtenerse de los fabricantes a vuelta de correo.

FOLLETOS DE LOS FABRICANTES. Todos los fabricantes de los productos puestos en el mercado publican folletos que describen sus productos. Algunos de éstos son cuidadosamente elaborados y contienen extensa información que puede ser de utilidad al diseñador interesado en revisar soluciones de diseño relacionadas. Otros folletos del fabricante pueden ser cortos, de tres o cuatro páginas; pero aun los folletos cortos pueden estimular suficientemente una idea fresca. Los fabricantes están acostumbrándose cada vez más a suministrar, a petición, folletos sin costo alguno. La literatura obtenida de los fabricantes deberá archivarse como fuente de futura referencia. Muchas veces algunos diseños necesitarán que ciertos componentes fabricados se combinen en un sistema diseñado. Los estudiantes que trabajan en un producto de diseño resulta-

rán beneficiados al escribir a los fabricantes, solicitando folletos que pueden auxiliarlos en el desarrollo de su diseño.

PUBLICACIONES PERIODICAS. Generalmente, en publicaciones como aquellas a que están suscritas la mayoría de las personas, aparecen importantes desarrollos de diseño. Las revistas viejas pueden ayudar al diseñador -- tanto como las recientes para encontrar una idea. La atención debe dirigirse hacia los anunciadores, ya que en cada entrega se presentan nuevos productos. Los anuncios son la fuente de los folletos del fabricante, -- ya mencionados. Los periódicos son de -- igual valor para el diseñador.

PATENTES. Las patentes archivadas en la -- oficina de patentes pueden suministrar muchas ideas e información técnica que puede ayudar al diseñador en la solución de un -- problema. Las patentes son materia de registro público y hay copias disponibles para el que las desee.

El algunos países existen publicacio--  
nes que registran todas las patentes y son--  
publicadas por la respectiva oficina. El -  
ingeniero diseñador puede sacar provecho de  
la revisión de las patentes. No sólo reci-  
birá información técnica útil, sino que sa-  
brá cuándo sus ideas coinciden o no con las  
de patentes existentes.

CONSULTORES PROFESIONALES. El diseñador de  
be aprender a sacar provecho de los conoci-  
mientos y experiencias de especialistas --  
cuando se presente la oportunidad. Frecuen-  
temente, su diseño necesitará investigación  
en un campo para él desconocido; es en este  
momento cuando debe consultar con un espe-  
cialista. Tal persona podrá suministrar la-  
ayuda necesaria para evitar el redescubrir  
un sistema ya existente; además, el especi-  
lista ya está familiarizado con los métodos  
que se emplean corrientemente. El consul-  
tor puede ser un ingeniero asociado con el  
diseñador, un ingeniero independiente, o --  
cualquier colaborador que tenga el suficien-  
te conocimiento del problema.

NO DESPERDICIES LAS EX  
PERIENCIAS QUE TE VA DE  
JANDO LA VIDA, Y LAS -  
APROVECHARAS MEJOR.

-M.R.

Se puede emplear un consultor profesional o una firma consultiva para que suministren asistencia al diseñador en la revisión de las posibles soluciones. Un problema representativo de diseño puede requerir de un grupo de especialistas en estructuras electrónicas, sistemas de potencia e instrumentación. Se encuentran además representantes de los fabricantes que prestan asistencia en problemas relacionados con los servicios y productos suministrados por el fabricante.

Un estudiante puede obtener ayuda para un proyecto de diseño de otros compañeros - que posean suficientes conocimientos y profesores de materias que cubran el área y su necesidad. En muchas comunidades hay grupos e individuos que pueden suministrar información que ahorre tiempo y conduzca hacia una solución. Se deben tomar nota para registrar los puntos de discusión y las conclusiones producto de una conferencia con un consultor.

Soluciones alternativas a un problema difieren en muchos aspectos. Las soluciones pueden diferir en tamaño, calidad de materiales, mecanismos, etc. Estas formas a un problema se llaman soluciones alternativas. La solución final a un problema consiste en cada una de las alternativas. El criterio será usado en la selección del mejor diseño.

### c) EVALUACION DE SOLUCIONES

El análisis del problema envuelve mucha información. El resultado es una definición del problema la cual promete maximizar la óptima solución. Ahora estamos listos para buscar la solución.

Después de una sesión especialmente creadora, usted puede contar con tres docenas de conceptos de diseño para resolver su problema, ¿qué hace usted en seguida? Analizar cada una en detalle es una tarea difícil y probablemente tediosa. Como en todos los diseños, el tiempo empleado en evaluar-

alternativas depende principalmente en qué tan difícil será determinar el diseño óptimo y qué tan difícil será cumplir con las especificaciones requeridas con menos del método óptimo de diseño.

Quizá deba asignarse un número del 1 al 10 a la capacidad de cada sistema para cumplir cada requerimiento de las especificaciones. En esta forma, en vez de datos objetivos se presenta lo relacionado con la capacidad de diseño de todo el sistema.

CONSIDERAR AL CLIENTE. Generalmente no hay un diseño que satisfaga exactamente todos los requerimientos. Por lo tanto, decidir sobre una solución implica considerar la importancia de los diversos requerimientos de las especificaciones y después comparar las aptitudes de un sistema, en términos de las especificaciones consideradas. Entonces, la decisión generalmente implica al cliente, porque él es el único que debe fijar la prioridad o importancia de cada una de las especificaciones.



Resumiendo lo escrito anteriormente y ampliando unos rubros, podemos añadir que el ingeniero, al llevar a cabo un análisis en ingeniería, tiene que estar perfectamente enterado de la urgencia que exista para la solución del problema. Tiene que conocer, por ejemplo, si lo "significativo" de su respuesta implica que debe estar dentro del 100 por ciento, del 10 por ciento, o del 1 por ciento de la respuesta correcta. Tiene también que conocer si el "tiempo razonable" significa un día, una semana o un año. Debe tener conciencia plena de sus propias limitaciones y capacidades así como de las instalaciones y equipo de que disponga, tanto en materia de computación como experimental.

Las etapas o pasos del análisis no siguen una secuencia rigurosa, por lo que, -- los enunciaremos sin la pretensión de imponer una secuela predeterminada.

**DEFINIR EL PROBLEMA.** Deben formularse preguntas de manera que puedan contestarse --

cuantitativamente, de manera que se llegue a definir el problema en forma funcional y específica.

ESTRUCTURAR EL MODELO. Un modelo es una -- aproximación idealizada de una situación -- real. La estructuración de un buen modelo analítico comprende también formular suposiciones que tomen en cuenta la importancia - relativa de los diversos elementos del problema. Aparte de los modelos analíticos se puede trabajar con modelos experimentales o una combinación de ambos.

La estructuración de un modelo es un - proceso de abstracción. El modelo no es -- real; es producto de la imaginación del ingeniero, de allí que se requieran ciertas - aptitudes para estructurarlo. El truco con siste en estructurar modelos que sean lo -- bastante sencillos de manejar e interpretar, pero que a la vez contengan la parte esencial del problema para que los resultados - sean significativos.

RECOLECCION DE DATOS. Otra etapa es la recolección de datos, si el modelo es experimental; o aplicación de principios científicos, si el modelo es analítico.

CALCULO. Habiendo aplicado las teorías y escrito las ecuaciones, el problema reside ahora en obtener una respuesta numérica. -- Cuando esto pueda hacerse analíticamente, -- perfecto; pero cuando no sea posible, se -- tendrá que obtener una cifra en un tiempo y a un costo razonables. Las soluciones gráficas son útiles y los métodos numéricos -- utilizados para la programación de computadoras también. Si el modelo ha sido experimental, es precisamente en esta etapa donde se analizan los datos, utilizando métodos -- estadísticos o análisis dimensionales.

COMPROBACION. La comprobación debe hacerse al terminar cada uno de los diferentes pasos y no esperar que estén todos concluidos. Las comprobaciones pueden ser matemáticas, -- tales como verificaciones aritméticas, seguridad de que las ecuaciones estén correctas,

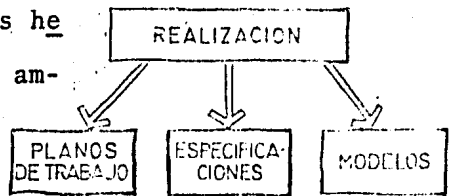
comprobaciones de homogeneidad dimensional, satisfacción de condiciones de frontera, -- etc. Por otro lado se pueden formular preguntas como las siguientes: ¿Parecen correctas las ecuaciones deducidas? ¿Si un factor se altera (acercándolo a cero o aumentándolo) se comporta la ecuación como debe? ¿Tienen sentido los valores numéricos?

EVALUACION. Ya que se ha obtenido un valor numérico ¿qué es lo que significa? ¿Pueden hacerse generalizaciones que den algo más - que tan solo la respuesta al problema específico? Si no se realizan debidamente las respuestas a estas preguntas la solución ca recerá de valor.

PRESENTACION Y COMUNICACION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES. Una vez obtenidos los resultados se debe comunicarlos a otras personas, formulando recomendaciones al respecto. Por lo general se debe optimizar la comunicación buscando divulgar la esencia de los resultados o la solución.

d) ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

Después de la organización de gestión del proyecto una vez que se ha identificado el problema, las especificaciones son sumamente importantes para suministrar con buen éxito un diseño. Una vez que un problema es reconocido claramente y todas las partes que le conciernen están de acuerdo con su naturaleza, el desarrollo de las especificaciones detalladas llega a ser vital. Estas generalmente toman la forma de metas de cumplimiento que deben corresponder a las herramientas, bajo condiciones del medio ambiente determinadas..



PARTES. Las partes son las piezas elementales para que los componentes sean ensamblados. Es aquí, en el trabajo de diseño de partes, que atacaremos las realidades concretas del hardware.

En esta parte debemos señalar cuáles son las especificaciones que debe cumplir la solución de nuestro problema o en otras

palabras, las características requeridas --  
del diseño.

IDEAS PRELIMINARES. Después podemos entrar-  
en una etapa de ideas preliminares para la-  
solución del problema, en esta podemos to--  
mar notas, dibujos, etc. de todo lo que se-  
nos ocurra pueda ser la solución del problema  
o que nos ayude a resolver partes del --  
problema.

Una vez hecho lo anterior, la entrada-  
a esta fase será la solución escogida, al-  
gunas en forma de notas, dibujos, y en mu--  
chas ocasiones aun en la cabeza. Además, -  
siendo incompleto este material está desor-  
ganizado y difícilmente presentable para --  
mostrarlo a superiores o clientes.

FASE DE DESCRIPCION. El describir los atribu  
tos físicos y las características de fun-  
cionamiento de la solución propuesta en su-  
ficiente detalle para quienes deben aprobar  
lo, aquellos encargados de la construcción,  
de operarlo y de su mantenimiento pueden --

ADEMAS DE ALAS, LAS --  
GRANDES IDEAS REQUIE--  
REN TREN DE ATERRIZA--  
JE. -C.D.J.

cumplir satisfactoriamente sus responsabilidades si esto es hecho de una buena manera, es por esto que es especialmente importante que sea hecho cuidadosamente para que lo comunique efectivamente.

CONCLUSION DE LA PRIMERA FASE. La salida de esta fase usualmente consiste de un reporte escrito y posiblemente un modelo en 3 dimensiones. El primer medio es frecuentemente un documento formal describiendo la propuesta en palabras, dibujos y esbozos. Este reporte también describe las características de la solución y tiene una evaluación de ésta. Es a través de los reportes que la habilidad de expresarse de uno mismo para poder impresionar favorablemente.

PROBLEMAS. Pero cuando uno está siendo diseñado, no se cuestiona pertinentemente, puede acarrear problemas para su manufactura.

Aunque en el diseño de una parte individual estamos cerca de los términos físi-

cos sobre una forma de lo abstracto, parte críticas pueden requerir aún análisis extensivo.

Otros problemas del diseño también se vuelven prominentes. La parte diseñada tiene atada junto a ella, al metalurgista, al ingeniero de producción y al diseñador de herramientas.

LOS DIBUJOS. Los dibujos detallados aforan una oportunidad para una verificación cuidadosa. El diseñador, sumergido en los múltiples detalles del diseño, y, si ha sido propiamente motivado, está frecuentemente capacitado para ver las mínimas faltas.

Una parte está definida por su descripción, la cual debe estar suficientemente -- completa para prescribir precisamente cómo debe estar después de su manufactura.

Los dibujos de ensamblado provienen de una visualización de las dificultades para la producción mejor que la visualización --



mental.

No debemos aceptar automáticamente todas las restricciones. Muchas de las innovaciones se deben a la existencia de ingenieros que no se doblegaron a aceptar todas las restricciones y a hacerlas irrevocables.

### II.B.3 TOMA DE DECISIONES

#### a) GENERALIDADES DE LOS METODOS CUALITATIVOS

INTRODUCCION. El último aspecto de nuestra metodología para el proceso del diseño es la toma de decisiones. Los tres aspectos requieren un enfoque mental diferente a incluso a veces se contraponen.

La toma de decisiones involucra una compensación o compaginación. El encargado de tomarlas debe sopesar los diversos criterios que intervienen, entre los cuales figuran los factores económicos, prácticas técnicas, necesidades científicas, considera--

PIENSA Y ACTUA.

ciones de orden social y humano, etc. Hacer una decisión "correcta" es escoger, tomando en cuenta todos los factores, una alternativa, de entre todas las disponibles, que --- equilibre u optimice mejor el valor total.

Al tomar una decisión se tratará de encontrar la alternativa que represente la combinación óptima de todos los factores -- variables que intervienen en el problema.

Las herramientas teóricas utilizables son: la optimización, la probabilidad, estadística, la teoría de la decisión de la utilidad y métodos cualitativos.

FILOSOFIA DE LA TOMA DE DECISIONES. En muchos problemas los factores no siempre son cuantificables, obligando, que la toma de una decisión no pueda realizarse de una manera totalmente objetiva, esta pérdida de objetividad ha disminuido con el advenimiento de la computadora electrónica.

Las características esenciales de una-

situación de decisión son:

#### a.1 OBJETIVOS

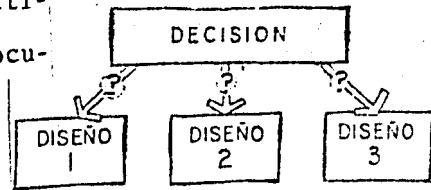
Siempre existe el deseo del logro de fin, sin el deseo no tiene caso la toma de decisiones.

Sin embargo, los objetivos, o cuando menos los factores relacionados directamente, con frecuencia involucran lo cualitativo y lo subjetivo, así como lo cuantitativo y objetivo. En estos casos, la teoría de la toma de decisiones debe aplicarse con madurez y perspicacia, así como con habilidad analítica y matemática.

Algunos objetivos en ingeniería son: - costo inicial, costo de operación y mantenimiento durante un período determinado, confiabilidad, peso, funcionamiento, eficiencia, apariencia, seguridad, utilidades durante un período determinado, vida útil, posibilidad de reventa, repercusión social o cultural, etc.

## a.2 ALTERNATIVAS

En una situación de decisión existen varias formas de realizar el objetivo que es la causa de la obligación de decidir. Es recomendable que se enlisten las alternativas o soluciones posibles para luego procurar escoger la mejor posible.



Existe una alternativa o solución posible que casi siempre aparece, cuando menos inicialmente, en todas las listas. Es la de no decidir. Algunas veces, pero sólo algunas veces, el posponer una decisión para dar más tiempo para reunir nuevos datos, es la compensación óptima. Pero, si debe lograrse el objetivo, es natural que las decisiones no puedan posponerse indefinidamente.

## a.3 FACTORES INFLUYENTES EN LAS DECISIONES

Los factores se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Factores de recursos (tiempo, dinero y disponibilidad).
- Factores técnicos.
- Factores humanos.

LOS FACTORES DE RECURSOS. Los factores de recursos agrupan la disponibilidad de: dinero, instalaciones, equipo, diseños, habilidad para la investigación, materiales, organización, recursos para la toma de decisiones, etc.

LOS FACTORES TECNICOS. Los factores técnicos pueden ser: geométricos, peso, resistencia, dinámica, fatiga, corrosión, flujo-plástico, efectos térmicos, desgaste, inercia, etc.

LOS FACTORES HUMANOS. Los factores humanos comprenden varios aspectos como: ética, diversos puntos de vista, renuencia a cambios, estética, prestigio, estado legal, preferencias personales, sentimientos, etc.

¿A DONDE SE QUIERE LLEGAR? Con la toma de-

decisiones se quiere llegar a un objetivo - por lo cual es necesario considerar un conjunto de soluciones posibles, un conjunto de factores, y posiblemente, incertidumbre respecto a las posibles consecuencias de -- las diversas alternativas.

Todavía existe una brecha muy grande - entre la formulación de la mayor parte de - los problemas de decisión y la aplicabili-- dad de una de las técnicas científicas. En otras palabras, todavía existe una gran can-- tidad de "arte" en la toma de decisiones. - Muchos factores deben considerarse y muchas alternativas deben eliminarse, antes de que un problema de decisión, en cualquier forma, se encuentre listo para su análisis por medio de uno de los métodos científicos.

Para estar al tanto de los factores -- que influyen en el problema es útil contar con un método para reducir una situación de decisión a tal punto que una de las diferen-- tes técnicas científicas disponibles para - la toma de decisiones, tales como optimiza-

NO HAY NADA MAS ABURREI  
DO QUE UNA COLISION EN  
TRE DOS CONVERSACIONES  
ANALOGAS. - D.L.

ción, estadística, teoría de probabilidad, etc., pueda hacerse cargo de ella.

#### ¿COMO LLEGAR?

- Enunciar el objetivo.
- Enlistar soluciones posibles.
- Enlistar factores importantes.
- Utilizar esta última lista para reducir la lista de soluciones.

Utilizar la lista reducida de soluciones para eliminar factores importantes. Al terminar se podrá presentar uno de los siguientes casos:

- si no existen soluciones, formular una nueva lista de ellas;
- si no existen factores importantes, elegir al azar una solución;
- si existe una solución, verificar para decidir;
- si existe solo un factor es generalmente fácil realizar la decisión;
- si las circunstancias lo permiten, utilizar un método científico;

- si la situación es compleja todavía, enlistar de nuevo las soluciones posibles.

#### b) MÉTODOS CUALITATIVOS

Estas recomendaciones son encaminadas a buscar que la toma de decisión sea cuantitativa pero otra manera de llegar al mejor diseño nos la da la aplicación adicional de métodos para la toma de decisión no cuantitativa de los que a continuación resumimos.

¿EN QUE CONSISTEN ESTOS METODOS? Estos métodos consisten en tomar opiniones de expertos e información acerca de eventos especiales, en los que se puede considerar o no la historia. Se emplean en pronósticos a corto y largo plazo. Estas técnicas son generalmente empleadas para productos nuevos, donde el desarrollo del producto es difícil de estimar y además su aceptación es incierta.

MÉTODOS CUANTITATIVOS MAS COMUNES. Los mé-



todos que se usan comúnmente son seis: Método Delphi, Panel de Opiniones, Predicción Visionaria, Comparación con Productos Conocidos, Encuesta directa con el Comprador y Encuesta de la Opinión del Poder de Ventas. Las cuatro primeras se utilizan para pronósticos a largo plazo, mientras que las encuestas con el comprador y del poder de venta son útiles para formular predicciones a corto plazo de productos nuevos o de bienes durables de consumo como automóviles, viviendas nuevas, aparatos, etc.

a) METODO DELPHI

Este método consiste en que, un grupo de expertos son interrogados por cuestionarios secuenciales en los cuales, las respuestas a un cuestionario se utilizan para producir el siguiente. Parte de los expertos recibe cierta información y el resto recibe otra clase de datos, de tal manera que todos tengan acceso a la información, pero en forma parcial y diferida. Cada vez la muestra es reducida y los datos serán más

selectivos. La ventaja de esta técnica es que la predicción no va a estar influenciada por la mayoría.

b) PANEL DE OPINIONES

Este método consiste en consultar la opinión de personas bien informadas que no sean compradores ni gentes de la compañía, como por ejemplo: distribuidores o especialistas independientes, o sea el pronóstico se hace en base a la información de un grupo de expertos.

Se podría pensar que en el ramo automotriz, las empresas fabricantes de automotores, solicitan a sus distribuidores los cálculos directos de ventas como información para pronosticar la demanda de vehículos y así planear su producción.

VENTAJAS. Este método tiene la ventaja de que las predicciones son rápidas y con un costo relativamente bajo, además aparecen en las opiniones diferentes puntos de vista,

PENSAR MEJOR NO ES HALLAR LA VERDAD SINO BUSCARLA MAS LEJOS.

-C.S.E.

los cuales se discuten.

DESVENTAJAS. Este método tiene algunos inconvenientes por ejemplo, el pronóstico es algunas veces influenciado por factores sociales y puede no reflejar una verdadera -- opinión. Otra es, que los hechos reales no pueden ser comparados con opiniones o juicios.

#### c) PREDICCIÓN VISIONARIA

Este método no es considerado como --- científico ya que usa la imaginación de los colaboradores. Consiste en el pronóstico - de posibles acontecimientos, basado en hechos pasados y con puntos de vista personales. Los inconvenientes de estos métodos -- son:

- a) La predicción puede ser muy errónea si se carece de datos fundamentales y se tiene un mercado incierto.
- b) Es seguro que el pronóstico estará muy alejado de los hechos reales, debido a

que pueden afectar un gran número de factores que los colaboradores no imaginan.

d) ENCUESTA DIRECTA CON EL COMPRADOR

ESENCIA DE LA ENCUESTA. Este método consiste en preguntar a los probables clientes, la posibilidad de que puedan comprar cierto producto, en un período de tiempo o plazo, bajo ciertas condiciones. Este método tiene algunas limitaciones pues, suponiendo que el producto tuviera infinidad de posibles compradores, sería casi imposible preguntar a todos, y en caso de que hubiera esa posibilidad resultaría demasiado costoso recoger la información. El costo podría reducirse utilizando la correspondencia postal o con conversaciones telefónicas en lugar de las entrevistas personales, pero de todos modos habría dificultad en la realización de las encuestas. Es necesario entonces emplear técnicas de muestreo y dirigirse sólo a unos cuantos, para disminuir los costos y grado de dificultad. En este tipo

NO OLVIDES QUE DAR UN  
CONSEJO ES CONTRAER --  
UN COMPROMISO, CUANDO  
MENOS. - J.Z.

de encuestas es necesario tomar en cuenta los factores que pueden afectar en la conducta de comprar de los posibles clientes como pueden ser cambios políticos, cambios en la economía, cambios de moda, temporada, etc.

e) COMPARACION CON PRODUCTOS CONOCIDOS

Este es un análisis comparativo con productos similares basados en patrones de similitud, esto es, algunas veces un producto que se quiere introducir al mercado es posible compararlo con otro ya existente, si ambos tienen características semejantes. El pronóstico se puede elaborar muchas veces en base a las cifras de ventas del producto existente.

f) ENCUESTA DE LA OPINION DEL PODER DE VENTAS

Este método consiste en hacer encuestas consultando a gente que conoce cómo reacciona el cliente, debido a que esta gen

te está más cerca de los clientes, conoce sus ideas, gustos y pensamientos, por lo tanto conoce cuáles son las tendencias que surgen en ellos.

Las personas que forman parte del poder de ventas son:

Los vendedores.

Los distribuidores.

Los Corredores de Ventas.

Los Intermediarios.

Los Comerciantes al por mayor.

Existen algunos factores que pueden influir en la veracidad de las encuestas y por lo tanto en la exactitud del pronóstico, como son:

La gente que forma parte del poder de ventas puede tener prejuicios que no pueden ser corregidos, pueden ser exagerados en su criterio, puede existir parcialidad en su opinión, pueden estar o no dispuestos a cooperar, etc.

CAPITULO III

DEFINICION Y SELECCION DE UN PROBLEMA

DE BIOINGENIERIA EN MEXICO

## INTRODUCCION

Descritos ya los entornos de la Ingeniería Biomédica y una metodología general de diseño. Nos proponemos, a partir de aquí, sugerir una metodología particular de diseño para equipo biomédico y además dar a conocer algunos mecanismos e instituciones que pueden, en un momento dado, ayudar a lograr el diseño completo de equipo biomédico. Luego de lograr enunciar lo arriba mencionado, nos abocaremos a describir, en capítulos posteriores, como ejemplo, el diseño de un equipo particular utilizado por oftalmólogos.

LA CRISIS ACTUAL. Los problemas económicos actuales que dificultan la importación de equipo biomédico extranjero, paradójicamente, alientan a los ingenieros nacionales diseñadores de productos, a promover sus diseños particulares.

Nosotros, pues, también aprovechando esta coyuntura, queremos facilitar, presentando una metodología y profundizaremos, las di



facultades y oportunidades que presenta el sector salud para el diseño de equipo utilizado en la búsqueda del bienestar físico de la población mexicana.

### III.A PROBLEMAS GENERALES DE LA INGENIERIA BIOMEDICA

Como ya se mencionó en el primer capítulo; las soluciones de problemas de bioingeniería se dificultan debido a la complejidad de los organismos vivos y a las variables involucradas que son de difícil predicción y control.

Los problemas generales a los que se puede enfrentar el especialista en ingeniería biomédica son:

a) Teóricos:

Desarrollo de modelos que describan aspectos del comportamiento fisiológico de los organismos vivos y en especial del cuerpo humano.

## b) Experimentales:

El diseño de experimentos fisiológicos o aparatos experimentales.

## c) De medicina clínica:

Es el cuerpo de mayor actividad donde se diseñan dispositivos de diagnóstico y terapéuticos; donde se desarrollan sistemas que manipulan datos clínicos de una manera correcta para facilitar la toma de decisiones en diagnóstico; y donde, por último, se diseñan sistemas de cuidado de salud.

### III.B PROBLEMAS GENERALES DE LA INGENIERIA BIOMEDICA EN MEXICO

Aparte de las dificultades técnicas que presenta la Ingeniería Biomédica, en México se presenta una situación particular: un apoyo relativamente pequeño a la creación de equipo, situación que seguramente irá cambiando, debido a las dificultades que atraviesa el país; y por otra parte un desconocimiento de muchos de los problemas que puede resolver el ingeniero biomédico.

POCO APOYO OFICIAL. Como ejemplo del primer punto (apoyo pequeño) en la Ley del Impuesto sobre la Renta, el artículo 27, que se refiere a las aportaciones deducibles para investigación y desarrollo de tecnología, dice textualmente: "Los contribuyentes podrán deducir las aportaciones para fondos destinados a investigación y desarrollo de tecnología, --- siempre que cumplan con las siguientes reglas:

1. Las aportaciones deberán entregarse en fideicomiso irrevocable, ante institución de crédito autorizada para operar en la República y no podrán exceder del 1% de los ingresos que obtenga el contribuyente en el ejercicio..."

Esta situación se trata de mejorar, divulgando las actividades de los ingenieros -- biomédicos a través de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB) y relacionando las diferentes instituciones de salud del país con las universidades que tienen carreras afines a la ingeniería biomédica.

DESCONOCIMIENTO TECNICO. Otro problema, común a otras áreas, es la subutilización del profesional de bioingeniería, aprovechando su capacidad técnica en problemas de mantenimiento de equipo biomédico extranjero, la adaptación de este equipo y control de calidad de producción de instrumental de diagnóstico; -- producción que es relativamente pequeña aquí en México.

No existe un manejo adecuado de la información sobre el desarrollo de equipo biomédico, problema al que nos enfrentamos constantemente para el diseño del equipo oftálmico.

Y por último, es difícil conseguir un -- apoyo oficial o privado para el diseño de --- equipo biomédico en México.

ADAPTACION DE LA METODOLOGIA. La forma en -- que nosotros nos enfrentamos al problema particular, que utilizamos como ejemplo de la metodología que proponemos; en sus aspectos financieros, no es muy alentadora para la implementación general. Pero, mientras no exista-

un mayor apoyo oficial o privado, equipos interdisciplinarios e independientes serán los encargados de solucionar los enormes problemas de bioingeniería que tiene un país, tan grande como el nuestro.

### III.C LIMITACIONES EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE LA INGENIERIA BIOMEDICA

Una vez enfrentados a un problema de diseño siempre se encuentran limitaciones que reducen nuestra gama de soluciones.

GRUPOS DE DISEÑO. En el caso de la ingeniería biomédica en México, los problemas de financiamiento para la producción de equipos biomédicos nuevos son grandes; existen pequeños departamentos en universidades e instituciones de salud que se encargan de la creación de equipo biomédico, pero generalmente el equipo que diseñan es complementario a equipos mayores y más sofisticados de procedencia extranjera; además, por lo general estos departamentos de "Ingeniería de Diseño" están bajo la supervisión (en institutos de

salud) de las áreas de conservación y manteni-  
miento, limitando, por lo tanto, los recursos-  
disponibles para la creación de nuevos aparatos.

Aparte de las limitaciones económicas, -  
existe un vacío en el campo de la ingeniería-  
básica para bioingeniería; la experimentación  
y conocimiento de los problemas fisiológicos,  
de características físicas y químicas de las-  
sustancias orgánicas con las que trabaja el -  
ingeniero biomédico diseñador de equipo, de-  
ben ser abordados generalmente por él y no --  
otros especialistas.

CENTROS DE INFORMACION Y PROBLEMAS ADICIONA--  
LES. Aunado a este problema de investiga ---  
ción, los centros recopiladores de informa --  
ción no están de todo desarrollados. Parale-  
lamente a los dos problemas descritos ante --  
riormente, existen toda una gama de problemas  
tecnológicos:

- baja calidad de materiales para fabrica-  
ción de equipo

- poca variedad de equipo de apoyo (válvulas, filtros, etc.)
- difícil obtención de repuestos y refacciones.
- equipo de medición de alta sensibilidad a precios muy altos, etc.

Además y por los problemas anteriormente descritos, existe una predisposición en contra del equipo biomédico nacional, en cuanto a su calidad, confiabilidad y eficiencia.

Esta situación está cambiando; obligados a utilizar equipo nacional, seguramente se dará mayor apoyo y se exigirá mejor equipo en el caso de equipo deficiente. Con esa esperanza, precisamente, escribimos este trabajo.

#### III.D CRITERIOS DE SELECCION DE PROBLEMAS DE INGENIERIA BIOMEDICA

Debido a los problemas descritos anteriormente no podemos enfrascarnos en tratar de solucionar cualquier tipo de problema, necesitamos avanzar con paciencia, en la adqui-

sición de medios, recursos y conocimientos suficientes para enfrentarnos a los problemas que presenta la ingeniería biomédica.

REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO. En primer lugar al presentarse un problema, debemos contar con los recursos económicos suficientes, en segundo lugar con la tecnología o conocimientos suficientes y por último con el tiempo necesario.

Si existen limitaciones en cualquiera de estos rubros debemos pensar en disminuir, precisamente, la limitación que impera, si no se puede, se debe reconsiderar el problema y tal vez posponer la búsqueda de soluciones y el desarrollo del equipo adecuado.

La pregunta casi obligada, de cualquier grupo que intenta diseñar equipo biomédico es:

¿Tenemos los recursos, medios y conocimientos o la forma de adquirirlos para poder solucionar el problema particular al que nos-



estamos enfrentando?

Luego de un análisis somero se podrá con testar y proceder o no, a la resolución con una metodología adecuada al problema; metodología que incluye: generación de soluciones y alternativas, discriminación y selección de una solución, desarrollo de la solución y reconsideraciones.

### III.E APOYO OFICIAL A LA INGENIERIA BIOMEDI- CA

PROGRAMA DEL CONACYT. En cuanto al problema de la biotecnología el Consejo Nacional de -- Ciencia y Tecnología (CONACYT) en su programa nacional concluyó: "El equipo médico de in-- vestigación y prótesis es en su mayoría de im portación con costos elevados y dificultades para su obtención oportuna. Se apoyará la in vestigación en biotecnología y se propiciará la transferencia de tecnología que permita -- crear y adaptar procesos de ingeniería mecáni ca, eléctrica y electrónica. Se orientará la investigación al desarrollo de prototipos pa-

ra prótesis cardiacas y vasculares y de aparatos de diagnóstico médico: espectrofotómetro, aparatos térmicos, sensores mecánicos y electrónicos, cámaras de oxigenación, equipo para cultivo de tejidos y oncómetros".

Por lo que vemos, existen serias limitaciones en el programa en cuanto a la extensión que abarca. Pero, por otro lado, se proponen y se desarrollan un número extenso de organismos que van a ayudar al desarrollo biotecnológico y son:

#### ORGANISMOS PARA EL DESARROLLO BIOINGENIERIL

- Grupos de trabajo para las ramas de salud e instrumentación.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia.
- Secretaría de Gobernación.
- Fondo Nacional para las Actividades Sociales.
- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Politécnico Nacional.
- Universidad Autónoma Metropolitana.
- ENEP - Zaragoza

- Jefatura de Investigación y Enseñanzas - del Instituto Mexicano del Seguro Social
- Instituto Nacional de la Nutrición.
- Hospital del Niño del DIF.
- Instituto Nacional de Ciencias y Tecnología de la Salud del Niño del DIF
- Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para Trabajadores del Estado
- Servicios Centrales de Instrumentación y Laboratorio

DECLARACIONES OFICIALES. A pesar del apoyo oficial del gobierno; el secretario de Salud y Asistencia, el doctor Guillermo Soberrón Acevedo, afirmó en su ponencia presentada en las mesas redondas de julio 1983; mesas tituladas: "La evolución de la medicina durante las últimas cuatro décadas", que: "la investigación en salud, en la biomédica y en la biotecnología están insuficientemente desarrolladas en México por la centralización de los proyectos, que se generan preferentemente en la ciudad de México, y por la falta de investigadores de calidad". Además, afirmó: "Hay áreas que deben ser estimuladas, ya que por -

ejemplo, este tipo de investigación es escasa en el país y sirve para estudiar y resolver los problemas generados por la contaminación ambiental, las diarreas, las infecciones respiratorias agudas, la tuberculosis y algunas enfermedades crónicas degenerativas; padecimientos, todos, de importancia en el país".

### III.F MEDIDAS DE APOYO A TECNOLOGIA BIOMEDICA

NECESIDAD DE DESARROLLAR TECNOLOGIA. La tecnología es un elemento vital para lograr mayor eficiencia, competitividad y desarrollo del sector productivo.

Las empresas mexicanas podrán lograr mayor consolidación e independencia si resuelven sus problemas de producción a través de un esfuerzo propio para el mejoramiento de sus tecnologías.

Sin embargo el desarrollo tecnológico para obtener nuevos productos o bien para desarrollar nuevos materiales, métodos y procesos de producción, herramientas y equipo, ---

etc. implican siempre riesgos para la empresa.

Existe en México una importante capacidad de investigación y desarrollo de tecnología en universidades, centros de investigación, firmas de ingeniería y consultoría y -- dentro de las propias empresas que no es aprovechada plenamente por falta de una adecuada vinculación.

RIESGO COMPARTIDO. Por lo anterior, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) ha desarrollado un programa de riesgo compartido como un instrumento de vinculación y para apoyar y compartir con las empresas mexicanas los riesgos asociados a desarrollar tecnología en el país.

Ante un problema tecnológico específico planteado por una empresa, el CONACYT ofrece un servicio de identificación para localizar al oferente nacional de tecnología más adecuado para su solución (a través del boletín "ENLACE" o mediante búsqueda directa).

-El programa está orientado a las empresas de los sectores público, privado o social que estén interesados en desarrollar tecnología en el país.

-El CONACYT ofrece a las empresas financiamiento por un monto del 25% al 75% del costo total del proyecto de desarrollo tecnológico, dependiendo de la prioridad e impacto económico y social del mismo.

-Los oferentes para el desarrollo tecnológico pueden ser centros de investigación, firmas de ingeniería o bien las propias empresas nacionales con capacidad tecnológica comprobada.

-Si la tecnología desarrollada es de utilidad a la empresa ésta reembolsa a CONACYT las aportaciones de apoyo. Si el desarrollo tecnológico no es de utilidad a la empresa -- CONACYT se reserva el derecho de uso y lo perfecciona posteriormente y la empresa no reembolsa el apoyo económico recibido.

-La tasa de interés del financiamiento otorgado es del 18% anual sobre saldos insolutos y el período de reembolso se fija de acuerdo con las características específicas de cada proyecto.

OTROS PROGRAMAS. Este es uno de los programas de apoyo del gobierno federal y tal vez el más importante; otro de los mecanismos del CONACYT en coordinación con otras entidades de la administración pública, es el programa de Evaluación Tecnológica para la Substitución a Importaciones; su objetivo es atender las necesidades de las empresas públicas, privadas y sociales para reducir la importación de materias primas, bienes y servicios del exterior.

ENLACE. Otro medio para ofrecer la tecnología desarrollada o para buscar oferentes de tecnología es a través del órgano de conexión entre la oferta y la demanda de tecnología "ENLACE" del CONACYT.

Y paralelamente a estos medios se puede-

entablar un intercambio tecnológico directo -  
 con las empresas privadas involucradas con el  
 desarrollo biomédico del país, todas estas em-  
 presas están afiliadas a la Cámara Nacional -  
 de la Industria de la Transformación ---  
 (CANACINTRA) y presentamos parte del directo-  
 rio, referido a nuestro campo de interés:

Artefactos de Vidrio, S.A.- Canela No. -  
 346. Col. Granjas México. México 8, D.F. Fa--  
 bricación de artículos de vidrio.

Casa Idea, S.A.- Nicolás San Juan No. --  
 328. Col. Narvarte. México 12, D.F. Tel. ---  
 543-10-17. Fabricación, representación de pro-  
 ductos para ramo médico dental y todo lo re-  
 lacionado.

Cristalab, S.A.- Miguel N. Lira No. 287.  
 Col. Villa de Cortés. México 13, D.F. Tel.-  
 539-86-89. Fabricación de equipo de vidrio y-  
 derivados.

Electrónica Médica, S.A.- Puebla No. --  
 326-8 y 9. Col. Roma. México 7, D.F. Tel. ---



553-27-92. Fabricación y reparación de equipo médico.

Equipos y Especialidades de México, S.A.  
Indianápolis No. 4-503. Col. Nápoles. México-  
18, D.F. Fabricación. comisión, import, ex---  
port, de muebles y equipos médicos.

Franco Orozco Imelda.- Guanajuato No. --  
215-105. México 7, D.F. Amalgamador dental.

Incubadoras y Equipo Médico Devezze, S.-  
A.- Mar Mediterráneo No. 177. Col. Popotla, -  
México 17, D.F. Tel. 527-85-82. Fabricación y  
reparación de aparatos médicos.

Industrial Electromédica de México, S.A.  
de C.V.- Real del Monte No. 55. Col. Valle Gó  
mez. México 2, D.F. Tel. 517-33-21. Fabrica--  
ción de partes y equipo electromédico y servi  
cio de mantenimiento.

Industrias L C G, S.A.- Pablo Verones --  
No. 89. Col. Alfonso XIII. México 19, D.F. Fa  
brica de equipo electromédico. Electrocardió-

grafos, monitores, sonido.

Inmunoquim, S.A. - Miguel de Cervantes --  
Saavedra No. 251-1. México 17, D.F. Tel. ---  
250-53-57. Equipos y materias primas para la-  
boratorio. Estuches para pruebas.

Artículos Médicos Mexicanos, S.A. - Calz.  
E. Iztapalapa No. 855. México 13, D.F. Artícu-  
los para uso médico, industrial y doméstico.

Construcción e Importación de Equipos Mé-  
dicos, S.A. - Fernando Ramírez No. 27. Col. --  
Obrera. México 8, D.F. Construcción, repara-  
ción, importación de artículos médicos y simi-  
lares.

Diseños y Representaciones Industriales,  
S.A. - Pinos No. 462. Col. San Nicolás Tolenti-  
no. México 13, D.F. Elaborac. Transform. de -  
casas móviles, clínicas, laboratorios médi-  
cos, fábrica náuticos con fibra de vidrio.

Elementos para Hospitales, S.A. de C.V. -  
Tlaxcala No. 83, P.B. México 7, D.F. Fabrica-

ción de muebles médicos.

Estetos, S.A.- Retorno No. 1 de Sur 2-A-  
No. 66. México 9, D.F. Fabricación de artícu-  
los médicos.

García López Francisco.- Cerro Chiquihui  
te No. 185. Col. Campestre Churubusco. México  
21, D.F. Armado de circuito semi-cerrado para  
anestesia en pediatría.

Industria de Implementos Médicos, S.A.--  
Norte 81 No. 210. Col. Clavería. México 16, -  
D.F. Fabricación de artículos para uso médi-  
co. Productos médicos desechables.

Industrias Carl Zeiss de México, S.A.--  
Patriotismo No. 604. México 19, D.F. Fabrica  
ción, reparación de aparatos ópticos. Micros  
copios.

Industrias Médicas Mexicanas, S.A.- Ca--  
lle 3 No. 18 Fracc. Alce Blanco. Naucalpan de  
Juárez. Edo de México. Esterilizadores, lámpa  
ras operación, etc.

Instalación y Equipos Médicos, S.A.- Calle Zandunga No. 208. Col. Benito Juárez. México 9, D.F. Instalación, rep. exp. imp. equipos médicos en indis.

Bio Electrónica, S.A.- Goethe No. 12-3.- Col. Anzures. México 5, D.F. Tel. 511-40-80.- Fabricación y distrib. de artículos eléctricos y electrónicos.

Graft Instrumentos Científicos, S.A.- Xola No. 1703. Col. Narvarte. México 12, D.F. - Fabricación de instrumentos científicos para laboratorio.

Drenovac, S.A. de C.V.- Tlaxcala No. -- 165-103. Col. Condesa. México 11, D.F. Fabricación de equipos médicos, instrumental médico.

Equipos Profesionales, S.A.- Benjamín -- Franklin No. 231, 1er. piso. Col. Escandón. - México 18, D.F. Tel. 511-91-61. Fabricación y distribución de equipo médico y dentales.

Fabricantes Industriales y Dentales, S.-  
A.- Leandro Valle No. 19-15. México 1, D.F. -  
Fabricación, distr. mat. prds. varios que re-  
quiere la odontología en sus diversas aplica-  
ciones. Preparar sustancias.

Hipode, S.A.- Fray Angélico No. 61. Col.  
Mixcoac. México 19, D.F. Fábrica de jeringas-  
y agujas, equipo médico.

Industrial Científica Internacional, S.-  
A.- Retorno Alfredo Mazo No. 5. Cd. A. López-  
Mateos, Atizapán, Edo. de México. Equipo para  
hospitales, laboratorios, autoclaves, esteri-  
lizador, secador, etc.

Industrias Didácticas Nacionales, S.A.--  
Colima No. 411 P.B. Col. Roma. México 7, D.F.  
Fábrica, importación, export. de objetos de -  
precisión, materias científica y educacional.

Ingeniería para Hospitales, S.A.- Yáca--  
tas No. 342. Col. Narvarte, México 12, D.F. -  
Reparación, mantenimiento de equipo electromé-  
dico.

Instrumédico, S.A. - Augusto Rodín No. --  
395-B. Mixcoac. México 19, D.F. Tel. ---  
563-41-11. Fabricación de agujas hipodérmicas, espineta, p/raquia, tuohy.

Instrumenta, S.A. - Geranio No. 140-4. --  
Col. Atlampa. México 4, D.F. Tel. 547-60-91 -  
Manufactura, import. de equipos p/laboratorio  
y aparatos científicos.

Kortex Médico Plástica de México, S.A.--  
Flor de Lino y Flor de Liz. Manz. 1 Lote 9. -  
Col. Los Angeles Apanoaya. México 13, D.F. Fa  
bricación de productos y material quirúrgico-  
en general.

Microscopios y Aparatos Opticos de Preci  
sión, S.A. - San Carlos No. 20. México 20, D.-  
F. Fabricación de microscopios y aparatos óp-  
ticos.

Narcomed, S.A. - Dr. Lucio No. 220. Méxi-  
co 7, D.F. Fabricante de aparatos electromédi-  
cos. Incubadoras p/niños, bombas de aspira--  
ción, quirúrgica, tiendas oxígeno, fototera--

pías.

Promed, S.A. de C.V.- Medellín No. 43-1104. Col. Roma. México 7, D.F. Elabora ción, import. export, distrib. de productos médicos quirúrgicos.

Rosbach Porta International, S.A.- Cormorán No. 111. Col. Lomas Las Aguilas. México 20, D.F. Fabricación de artículos y aparatos-topográficos.

Sociedad fotográfica e Industrial, S.A. de C.V.- Zempoala No. 602 Local F. México 12, D.F. Fabricación de artículos fotográficos, médicos, etc.

Travenol, S.A. de C.V.- Calzada México--Coyoacán No. 371. México 13, D.F. Fabricación de aparatos médicos y algunos productos químicos farmacéuticos.

Empire Industrias Médicas, S.A.- Centeno No. 691. Col. Granjas México. México 8, D.F.

Salazar Hajar José Luis.- González Cos-  
sío No. 350. Col. del Valle. México 12, D.F.

Lara Núñez María de la Luz.- Cerro Chi-  
quihuite No. 185. Col. Campestre Churubusco.  
México 21, D.F.

Instrumentales Mexicanos, S.A.- Arenal -  
No. 494. Col. Tepepan. México 23, D.F. Fabri-  
cación de jeringas metálicas veterinarias. de  
10 y 25 ml.

Medyca, S.A.- Alarcón No. 21. México 1,-  
D.F. Fabricación, ensamble y mantenimiento de  
equipos de recuperación, bancos, sillas, ca-  
mas, muletas.

Moval, S.A.- Ave. México No. 59-A. Méxi-  
co 21, D.F. Fabricación, distribución de ar-  
tículos médicos y dentales. Hilos nylon y se-  
das en suturas, ligaduras en todos números en  
devanador, hilos algodón, seda, etc.

Organos Artificiales Equipo y Desecha-  
bles, S.A.- Colina de los Chinacos No. 11. Co



lonia Boulevares Naucalpan, Edo. de México.--  
Fábrica de órganos artificiales.

Proyectos, Instalación, Servicio y Mante-  
nimiento, S.A. - Rubens No. 73. Col. Mixcoac.-  
México 19, D.F. Mantenimiento de equipo médi-  
co en gral. import. export. fabric. de equipo  
médico en gral. mant. mecánico y eléct. ---  
fabric. eq. industrial.

Ruiz Ruiz Julio Alberto.- Lic. Genaro --  
García Ret. 34 No.31. Col. Jardín Balbuena. -  
México 9, D.F. Aparatos médicos quirúrgicos y  
dentales.

Técnicos Electromédicos, S.A. de C.V. - -  
Juan Escutia No. 45, 1er. piso. México 11, --  
D.F. Fabricación de partes para equipo médi-  
co.

Valentín Arredondo Pedro.- Calz. de Tlal-  
pan No. 1233-2. México 13, D.F. Mantillas y -  
accesorios para laboratorio, fábrica.

Intermédica, S.A.- Marcelino Dávalos No.

31. Col. Algarín. México 8, D.F.

Nacional de Instrumental Médico, S.A. -  
Miguel Laurent No. 803. México 12, D.F.

Kemura Fujikami Teruko.- St. Domingo No.  
273. Col. Preciosa. México 16, D.F. Fabrica-  
ción, import. export. com. y consign. de apa-  
ratos y acces. p/consultorios médicos y denta-  
les.

Microscopios, S.A.- Antiguo Camino Real-  
a San Lorenzo No. 6263. Col. El Manto, Ixtapa  
Ixtapa. México 13, D.F. Fábrica de instrumentos  
de precisión. Microscopios de diferentes mode-  
los.

Move, S.A.- Aristóteles No. 217-A. Méxi-  
co 5, D.F. Fabricación, import. export. de --  
equipo, art. y ref. odontológicas. Unidades,-  
escupideras, compresoras dentales.

Productos Levy, S.A.- Campeche No. 416--  
1. Col. Hipódromo. México 11, D.F. Fábrica y-  
maquila de toda clase de productos de metal,-

plástico, hule. Estetoscopios, esfingomanómetros.

Ríos Rocha, Juan.- Calle 23 No. 60. ---  
Col. Olivar del Conde. México 19, D.F. Fábrica de aparatos para laboratorios, maquila.

Shimidzu Urbieta Roberto.- Anaxágoras --  
No. 339. Col. Narvarte. México 12, D.F. Ensamble de productos quirúrgicos desechables.

Técnicos Especializados en Instrumentación Científica, S.A.- Calle Negra Modelo No. 134. Naucalpan de J. Edo. de México. Rep. ---  
import. export. de aparatos y eq. científ. p/ hospitales y laboratorios.

Pérez Armas Jorge Angel.- Ave. Revolución No. 300-12. México 18, D.F.

Impulsora Mercurio, S.A.- Las Huertas -  
No. 107-605. México 12, D.F..

Howmédica Mexicana, S.A. de C.V.- Jaime Nunó No. 11. Carretera Puente de Vigas. Tlal-

nepantla. Edo. de México.

### III.C. MEDIOS PARA OBTENER INFORMACION

La cantidad de información puede llegar a ser muy grande cuando se desarrolle un proyecto de creación de equipo. Uno de los medios para obtener y discriminar información es recurriendo a bancos de información (SECOBI, CICH, etc.) en general las bibliotecas nacionales en las que se apoyan, en cuanto al sector biotecnológico, son las bibliotecas de:

#### BIBLIOTECAS

- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Centro de Instrumentos (UNAM).
- ENEP Iztacala.
- ENEP Zaragoza.
- Facultad de Ingeniería, Estudios de Posgrado (UNAM).
- Facultad de Medicina (UNAM).
- Instituto de Biología (UNAM).
- Dirección General de Servicios Médicos -

(UNAM).

- Facultad de Ciencias (UNAM).
- Facultad de Medicina - Hemeroblioteca de Investigación (UNAM).
- Facultad de Química - Estudios Profesionales (UNAM).
- Instituto de Química (UNAM).
- Instituto de Investigaciones Biomédicas (UNAM).
- Asociación Médica Franco-Mexicana, A.C.
- Universidad de las Américas, A.C.
- Centro Científico y Técnico Francés.
- ISSSTE Centro Hospitalario "20 de Noviembre".
- ISSSTE Centro Hospitalario "Dr. Darío Fernández".
- ISSSTE Centro Hospitalario "Dr. Fernando Quiroz".
- ISSSTE Centro Hospitalario "Dr. Gonzalo Castañeda".
- ISSSTE Centro Hospitalario "L'opez Mateos".
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Dirección General de Normas (Departamento de Normalización).

- SSA - Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales.
- Sociedad Médica del Hospital General (Hemeroteca).
- IMSS - Hospital de Ginecología y Obstetricia No. 1.
- Hospital Infantil de México.
- IMSS - Hospital de Pediatría.
- Instituto Nacional de Cardiología.
- Hospital del Niño (IMAN).
- IMSS - Biblioteca central.
- IMSS - Centro de Documentación.
- IMSS - Hospital de la Raza.
- IMSS - Hospital de Traumatología y Rehabilitación.
- Universidad Iberoamericana.
- Universidad Autónoma de Guadalajara.
- Hospital General "Doctor Manuel Gea González".
- Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN).
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (IPN).
- Escuela Superior de Ingeniería Mecánica-Eléctrica (INP).

- Escuela de Medicina (Universidad Autónoma de San Luis Potosí).
- SSA - Dirección General de Educación Profesional en Salud Pública (Escuela de Salud Pública).
- SSA - Centro Dermatológico Dr. Ladislao de la Pascua.
- SSA - Hospital de Enfermedades Pulmonares Huipulco.
- Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Azcapotzalco).

#### TEMAS DE ARTICULOS

Los temas de las revistas a las que se puede tener acceso en los bancos de información son los siguientes (referidos a la ingeniería biomédica):

- Prevención de accidentes.
- Sistemas de alarmas.
- Calibración.
- Aplicaciones computacionales.
- Control.
- Equipo de control.

- Costos.
- Desfibriladores.
- Efectos de campos electromagnéticos.
- Diseño.
- Equipo electrónico.
- Filtros.
- Aterrizaje (eléctrico).
- Hemodializadores.
- Instrumentos.
- Etiquetación
- Aplicaciones con láser.
- Legislación.
- Mantenimiento.
- Manufactura.
- Mercadotecnia.
- Medición.
- Microelectrodos.
- Microndas.
- Monitoreo.
- Aplicaciones de plástico.
- Bombas.
- Calidad.
- Radionúclidos.
- Confiabilidad.
- Control remoto



- Investigación.
- Respiradores.
- Revistas.
- Códigos de seguridad.
- Estándares.
- Control de temperatura.
- Medición de temperatura.
- Pruebas.
- Aplicaciones ultrasónica.
- Dispositivo ultrasónico
- Válvulas.
- Efectos de ondas acústicas.
- Angiocardigrafía.
- Potenciales bioeléctricos.
- Fenómenos bioeléctricos.
- Locomoción bípeda.
- Cardiología.
- Diseño con auxilio de la computadora.
- Diagnósticos con auxilio de la computadora.
- Simulación computarizada.
- Tomografía computarizada.
- Citología.
- Ecocardiografía.
- Educación

- Electrocardiografía.
- Electroencefalografía.
- Electromiografía.
- Electroterapia.
- Hemodinámica.
- Estudios de sistemas vivos.
- Efectos de bajas temperaturas.
- Modelos matemáticos.
- Examinación microscópica.
- Neurofisiología.
- Monitoreo de pacientes.
- Tratamiento de pacientes.
- Modelos fisiológicos.
- Pletismografía.
- Efectos de la radiación.
- Protección contra la radiación.
- Aplicaciones quirúrgicas.
- Implantaciones quirúrgicas.
- Análisis de Rayos-X.

#### REVISTAS

Y por último las revistas más importantes que contemplan los aspectos de tecnología biomédica son:

- Annual Review of Biophysics and Bio- --  
engineering.
- Biomechanics.
- Journal of Biomechanical Engineering --  
Transactions of ASME.
- Journal of Biomedical Engineering.
- American Journal of Physics and Medicine
- Biomedical Science Instrumentation.
- Journal of Biomechanics.
- Journal of Medical Engineering Technolo-  
gy.
- Mathematics and Bioscience.
- Bulletin of Japan Society of Mechanical-  
Engineers.
- Engineering in Medicine.
- Journal of Environmental Engineering Di-  
vision.
- Ergonomics.
- Annual Biomedical Engineering.
- Journal of Aerosol Science.
- Ingenieur (Montreal).
- IEEE - International Microwave Symposium
- IEEE - Proceeding of National Aerospace-  
Electronics Conference
- Biomedical Science Instrumentation.

- Journal of Applied Physics.
- Microelectronic and Reliability.
- Environmental pollution.
- Technological Review.
- Computers and Cardiology.
- Biomaterials, Medical Devices and Artificial Organs.
- Chemical Engineerings Progress.
- Medical and Biological Engineering and Computing.
- Optical Engineering.
- Computers in Biology and Medicine.
- Computer Tomography.
- Journal of the Acoustical Society of America.
- Medical Instrumentation.
- Medical Devices of Diagnosis Industry.

Una vez contemplados los aspectos de adquisición de información de México y algunos de los mecanismos que resuelven parte de los problemas del diseño de equipo, podemos ahora proceder a contemplar un equipo y problema -- particulares. A esto nos enfrentamos en el -- próximo capítulo.

CAPITULO IV

DISEÑO DE UN PROTOTIPO

REPRESENTATIVO DE LA BIOINGENIERIA

#### IV.A DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Se abarcará en este tema la descripción del problema en base a tres puntos de vista, los cuales son:

- 1) Anatómico.
- 2) Médico.
- 3) Técnico.

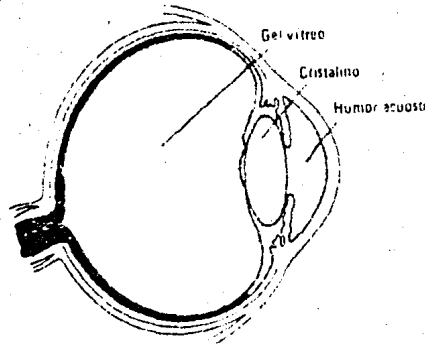
##### IV.A.1 PROBLEMA ANATOMICO

Definiendo cada punto, empezaremos con el enfoque anatómico.

DE ACUERDO A LA ANATOMIA. El aparato de la - visión es el encargado de percibir las impresiones visuales por medio del globo del ojo, - es un órgano par, situado en las cavidades orbitarias en su parte anterior y que le sirven como medio de protección; por su parte anterior están cubiertos por los párpados cuando están cerrados y en su porción posterior emerge el nervio óptico, encargado de transmitir las impresiones visuales a los centros nervio

sos y a la corteza cerebral.

COMPOSICION DEL OJO. El ojo se compone de tres capas concéntricas que son, de fuera a dentro: la capa fibrosa, la capa vascular y la capa nerviosa y tres medios transparentes que de adelante a atrás son: el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo.



Figura

Corte transversal esquemático del ojo adulto

DIVISION DE LA CAPA FIBROSA. La capa fibrosa, gruesa y resistente está dividida en dos segmentos, el segmento posterior, mayor y opaco que se llama esclerótica, y el segmento anterior, menor y transparente que es la córnea, en su porción anterior se relaciona-

con la conjuntiva ocular, presenta orificios para dar paso al nervio óptico y a las venas ciliares. Su cara interna, se relaciona con la capa de la coroides, su cara externa y anterior está en contacto con el medio exterior.

LIMITANTES DE LA CAPA FIBROSA. Por su cara posterior limita la cámara anterior del ojo; en su porción anterior, está constituida por cinco capas íntimamente unidas.

DIVISION DE LA CAPA VASCULAR. La capa media o vascular, llamada coroides, se divide en dos segmentos, uno posterior mayor y vascular y otro segmento anterior llamado zona ciliar.

En el segmento anterior, presenta una abertura llamada iris. La coroides por su superficie interna está en contacto con la retina.

La capa nerviosa o interna desde el punto de vista funcional, es la más importante-



del ojo, ya que ahí se reciben las impresiones luminosas o visuales y de ahí se transmiten por el nervio óptico a los centros nerviosos.

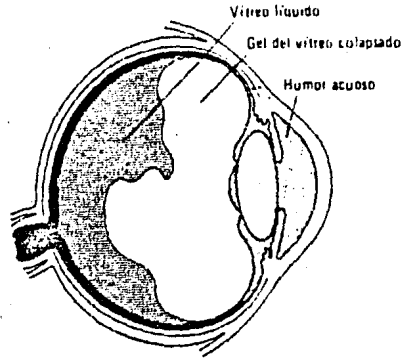
#### MEDIOS TRANSPARENTES Y REFRINGENTES DEL OJO.

Para que la retina perciba los estímulos luminosos, éstos tienen que atravesar de delante a atrás partes sólidas y líquidas transparentes. Estos elementos hacen que los rayos luminosos, que llegan perpendiculares a la superficie de la córnea, converjan en la retina.

**CRISTALINO.** El cristalino es una lente biconvexa que es la encargada principal de llevar a cabo la convergencia mencionada.

**HUMOR VITREO O CUERPO VITREO.** Es el más grande de los elementos transparentes del ojo, pues ocupa los dos tercios posteriores del mismo. Es de forma esferoide y está colocado por atrás del cristalino y rodeado por la retina hacia atrás. Lo forma una envoltura delgada hialina y el humor vítreo, -

que es una masa de aspecto de clara de huevo.



**HUMOR ACUOSO.** Se encuentra en el espacio -- comprendido entre la córnea por delante y el cristalino por su cara anterior, estando dividido este espacio en dos por el iris. Sirve como medio de nutrición al cristalino, al iris y a la córnea.

Como anexos del ojo, podemos citar la cápsula de tenon, los músculos extrínsecos del ojo son cuatro: músculos rectos, superior e inferior, interno y externo, y dos oblicuos, el mayor superior y el menor inferior, y por último el músculo elevador del párpado superior.

#### IV.A.2 PROBLEMA MEDICO

Desde el enfoque médico, nos referiremos a la patología del humor vítreo, puesto que es la parte que vamos a tratar ya que es el elemento del ojo que ocupa mayor área del mismo.

El vítreo normal no es visible por oftalmoscopia directa no indirecta. Las numerosas características oftalmoscópicamente visibles son anomalías atribuibles a cambios estructurales como los "flotadores" de la sineresis y la forma semejante a anillo asociada con el desprendimiento posterior del vítreo, o a elementos invasivos como sangre, masas de leucocitos, o proliferaciones fibrovasculares de tejidos adyacentes. El vítreo normal in situ y una gama de anomalías muy importantes como la retracción, condensación y entupamiento característico de la diabetes, lesiones, etc., pueden visualizarse solamente con la lámpara de hendidura. Aunque el examen con la lámpara de hendidura es muy fácil de aprender y desempeña un papel -

importante en el tratamiento de la enfermedad del vítreo, muy pocos oftalmólogos en la actualidad hacen uso óptimo de este instrumento.

Las lámparas de hendidura son microscopios con sistemas especializados de iluminación que vuelven transparentes los líquidos oculares, haciendo visibles a los tejidos.

FLOTADORES EN EL VITREO. Un flotador en el vítreo es una fina opacidad del mismo que puede estimular a la retina debido a la proyección de una sombra encima de ella.

Los eritrocitos con cierta frecuencia provocan síntomas como resultado de pequeñas hemorragias en el vítreo debido a desgarros retinianos o enfermedades hemorrágicas.

Los flotadores del vítreo nunca deberán ser desechados como inofensivos. Siempre es tará indicado un escrutinio cuidadoso del ví treo.

RUPTURA DEL GLOBO OCULAR. Siempre constituye una lesión muy grave que puede resultar en ceguera incipiente o tardía o hasta en la pérdida del globo ocular. El prolapso del vítreo a través de la herida constituye una grave complicación asociada a menudo con desgarro secundario agudo o desprendimiento de la retina. Diversas formas de cirugía del vítreo son usadas para prevenir o tratar dichas complicaciones.

INFLAMACION DEL VITREO. Incluye un amplio espectro de trastornos que fluctúan desde algunos leucocitos diseminados hasta la formación de algún absceso. Se emplea la cirugía del vítreo para eliminar grandes opacidades residuales que no muestran signos de disolverse espontáneamente.

OTRAS PATOLOGIAS. Hay más complicaciones en el vítreo, en las cuales no se necesita la cirugía, las cuales son: envejecimiento del vítreo, luces relampagueantes, hialosis asteroidea, sinquisis centelleante, retracción masiva del vítreo.

CIRUGIA DEL HUMOR VITREO. Los padecimientos del vítreo eran virtualmente incurables hasta que los recientes adelantos en las técnicas quirúrgicas y en el instrumental ocular.

La cirugía definitiva del vítreo se practica más frecuentemente con alguno de los instrumentos de microcirugía para engarzar, cortar y remover un conjunto de fragmentos diminutos de vítreo y residuos. El instrumento puede insertarse a través de la parte plana con relativa impunidad.

#### IV.A.3 PROBLEMA TÉCNICO

Desde el punto de vista técnico, el problema consiste en diseñar un aparato costeable y con la mayoría de sus componentes de fabricación nacional, ya que esta clase de aparatos que existen en México son de importación.

El componente que debe ser importado obligadamente es la aguja con la que se va a hacer la intervención quirúrgica, ya que es-

especial y no se fabrica en México.

En el tema donde llegamos a la solución, vienen descritos los componentes del aparato, y su procedencia de fabricación.

#### IV.B PROPOSICIONES DE SOLUCIONES

De acuerdo con las características del problema que vamos a tratar, tenemos que diseñar un aparato que proporcione presión y vacío para el funcionamiento de una aguja -- que va a efectuar la operación de corte y a su vez recoger el tejido ocular para su estudio posterior.

El problema en sí, es el control de la frecuencia de la presión y el vacío que necesitamos en determinado momento, ya que con dicho control se va a regular la velocidad de corte que el cirujano necesite de acuerdo con la característica del ojo en el que esté operando. Dicha velocidad varía en un rango establecido.

Para el control de la frecuencia de la presión y el vacío, proponemos dos soluciones:

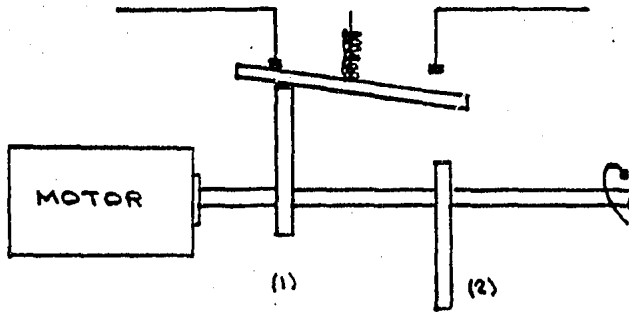
1. Dispositivo mecánico.
2. Dispositivo electrónico.

Para la obtención de la presión y el vacío el aparato debe contener un compresor de desplazamiento positivo con sus respectivos medidores para saber cuánta presión y vacío nos está proporcionando, y debe tener controles de presión y vacío para poder regularlos dependiendo de las circunstancias.

#### IV.B.1 DISPOSITIVO MECANICO

Para poder introducir un dispositivo mecánico, necesitamos un eliminador de baterías, ya que se utilizaría un motor pequeño de corriente directa, a su vez, dicho motor debe mover un sistema de levas como se muestra en la figura.





Donde la leva número (1) que es la que controlaría la presión, pondría en operación a un microswitch en cada ciclo que diera, y la leva número (2) controlaría el vacío con el mismo procedimiento, los microswitch estarían conectados a una válvula de tres vías, donde pasaría el flujo de presión y vacío dependiendo de las señales dadas por los microswitch.

El problema con dicho dispositivo es el cálculo del tamaño de las levas, y la capacidad del motor para que pueda abarcar el rango preestablecido de la velocidad de corte.

Este dispositivo es poco confiable, ya que, balancear correctamente la flecha, es muy difícil, entorpeciendo la eficiencia del aparato; además, debe tener un mantenimiento

muy riguroso, para verificar que el tamaño de las levas no sufra modificación por el -- contacto, proponemos otra solución, la cual es un dispositivo electrónico.

#### IV.B.2 DISPOSITIVO ELECTRONICO

Este dispositivo va a controlar la frecuencia mediante un circuito integrado, una descripción más detallada se hará en un tema posterior, ya que consideramos que este dispositivo es el más confiable, ya que el circuito integrado es poco factible que falle, y además cada vez se sustituyen más los dispositivos mecánicos de control por electrónicos.

#### IV.B.3 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Otro factor que influye para el diseño final del aparato es derivado del sistema de abastecimiento de presión y vacío. Para este problema proponemos dos soluciones factibles y que son las siguientes:

- a) Con compresor.
- b) Sin compresor.

CON COMPRESOR. Esta alternativa consiste en proporcionar la presión y el vacío requeridos por el cirujano por medio de un compresor integrado dentro del aparato. Los problemas de esta solución alternativa radican principalmente en espacio que ocupa el compresor en sí y también el volumen que ocupan los tanques de almacenamiento que es uno para vacío y otro para presión derivado de estos factores, tenemos que si se decide por esta alternativa el peso del aparato aumentará y también su costo se verá incrementado.

SIN COMPRESOR. La otra posibilidad que se nos presenta es construir el aparato sin el compresor. Si se construye de esta manera el sistema de presión y vacío deberá ser abastecido por las unidades de aire comprimido que se tenga en los hospitales dentro de sus salas de operación.

Una vez ya expuestas las proposiciones-

de solución a nuestros problemas el paso siguiente es la evaluación de las alternativas lo que se hará en el siguiente punto de este trabajo.

#### IV.C EVALUACION DE ALTERNATIVAS

##### IV.C.1 FACTORES TECNICOS

Dentro de la evaluación de alternativas el primer punto que consideraremos son los factores técnicos. Para esto nos concentraremos en exponer las ventajas y desventajas técnicas de las soluciones propuestas en el punto anterior.

DISPOSITIVO MECANICO. Este dispositivo presenta las ventajas de que su dueño es bastante sencillo, puesto que como se pudo observar en su descripción consta de pocas partes y éstas se pueden conseguir fácilmente, es decir, las partes de que consta en su mayoría se pueden obtener fácilmente en el mercado nacional y las que no, son fáciles de fabricar. Otro aspecto deseable que nos pre-

senta es su bajo costo.

DESVENTAJAS. Referente a sus desventajas, encontramos las siguientes: Primero su respuesta a la frecuencia de los impulsos eléctricos que hacen que funcione la válvula de tres vías son más lentos, lo cual puede afectar en el desarrollo de las operaciones por lo que no es deseable. Segundo, otro problema de los sistemas mecánicos es el desgaste que van teniendo en su uso continuo - esto nos traería problemas en el funciona-  
miento conforme pase el tiempo, este a su vez daría problemas en los tiempos de presión y vacío ya que al ir desgastándose las levas variarían estos tiempos. Tercero, los sistemas mecánicos son muy factibles de desajustarse por lo cual se tendría que revisar y dar mantenimiento constantemente. --- Otro problema que presenta es el motor, el cual en largos períodos de operación puede llegar a calentarse y esto varía su funcionamiento.

Todos estos factores expuestos pensa--

mos que traerían problemas al efectuarse --  
operaciones en un órgano tan delicado como--  
lo es el ojo y éstas deben realizarse en --  
forma muy precisa.

#### IV.C.2 DISPOSITIVO ELECTRONICO

El diseño del dispositivo electrónico--  
es mucho más complicado y detallado, su pre--  
cio puede ser elevado dependiendo de los --  
componentes que requiera. Puede presentar--  
problemas a la hora de conseguir los compo--  
nentes que requiramos con especificaciones--  
muy específicas o en su caso se tendrán que  
importar. Debido a la ética de este traba--  
jo este sería un problema puesto que trata--  
mos que el aparato tenga el mayor porcenta--  
je de integración nacional que sea posible.  
Pero pensamos que es posible hacerlo.

VENTAJAS. Dentro de las ventajas que pre--  
senta un dispositivo electrónico tenemos --  
que su respuesta a la inercia es sumamente--  
buena, los impulsos que manda o la forma de  
la función de su salida varía muy poco y es  
bastante preciso una vez construído y cum--

pliando las especificaciones requeridas. Su durabilidad es bastante grande y son bastante confiables. En cuanto a su mantenimiento pensamos que es muy difícil que lo necesite en largos períodos de tiempo y puede trabajar durante largos períodos de tiempo, siendo su desgaste mínimo.

SELECCION DE DISPOSITIVO DE CONTROL. Ya expuestas las ventajas y desventajas de ambas alternativas y comparándolas, pensamos que la mejor solución nos la da el dispositivo electrónico ya que con este dispositivo se presenta mayor confiabilidad en un aparato de este tipo de mucha precisión, largos períodos de trabajo y poco mantenimiento. Es preferible obtener todas estas ventajas aun que se tenga que pagar a cambio mayor costo y facilidad de diseño.

SELECCION DE ABASTECIMIENTO DE AIRE A PRESION. En cuanto a la alternativa de construir el aparato con o sin compensar técnicamente tenemos los siguientes factores: al tener el compresor integrado al aparato el

problema principal es el aumento de tamaño de éste así como su peso, otro factor es -- que sus requerimientos de energía van a aumentar o sea se requerirá de mayor corriente para su funcionamiento. Debido a la --- aplicación tan especializada que se requiere de este compresor, actualmente no es posible conseguirlo en el mercado nacional -- por lo que se tendrá que traer del extranjero.

VENTAJAS. Sin embargo, el instalar el compresor en el aparato nos presenta también - grandes ventajas, esto es debido a que le - da una gran versatilidad de aplicación al - aparato, puesto que de construirse de esta manera el aparato puede ser utilizado en -- una gran variedad de instalaciones que no - cuentan con las instalaciones adecuadas de suministro de aire de presión y vacío, y -- más aún, presenta la posibilidad de que el cirujano pueda utilizar el mismo aparato en diferentes hospitales y por lo tanto puede ser un factor que influya en la adquisición por parte de cirujanos y no sólo por parte-



de los hospitales y representa mayor posibilidad de ventas. En cuanto al costo adicional, este se verá compensado debido a que, de todas formas los hospitales tendrían que incurrir en un costo adicional porque tendrían que hacer determinados ajustes en su sistema de aire comprimido para que este pueda ser adecuado para el funcionamiento del aparato en caso de construirse sin compresor.

#### RESUMEN

En resumen podemos concluir por las características expuestas y con las opiniones de cirujanos que hacen este tipo de operaciones que presenta mayores ventajas el construir el aparato con el compresor integrado.

Lo que se desprende de esta evaluación técnica es que el aparato debe construirse con el dispositivo electrónico y con el compresor integrado.

#### IV.C.3 FACTORES DE MERCADO

Antes de abarcar este punto creemos -- conveniente recordar brevemente qué es el -- estudio de mercado y cuál es su finalidad.

El estudio de mercado abarca la inves-  
tigación de algunas variables sociales y --  
económicas que condicionan el proyecto aun-  
que sean ajenas a éste. Entre ellas se pue-  
den mencionar factores tales como el grado-  
de necesidad o la cuantía de la demanda de-  
los bienes o servicios que se quiere produ-  
cir; las formas en que estas necesidades o  
demanda se han venido atendiendo; la in ---  
fluencia que en estos aspectos tienen ins--  
trumentos tales como los precios o las tari-  
fas.

No hay que olvidar que la finalidad --  
del estudio de mercado es probar que existe  
un número suficiente de individuos, empre--  
sas u otras entidades económicas que, dadas  
ciertas condiciones, presentan una demanda-  
que justifica la puesta en marcha de un de-

terminado programa de producción --de bienes o servicios-- en un cierto período. El estudio debe incluir asimismo las formas específicas que se utilizarán para llegar hasta esos demandantes.

RESUMIENDO. El estudio de mercado lo podemos dividir en cuatro bloques:

EL PRIMER BLOQUE (DEMANDA). Se refiere a los aspectos relacionados con la existencia de demanda o necesidad de los bienes o servicios que se busca producir.

EL SEGUNDO BLOQUE (OFERTA). Se relaciona con las formas actuales y previsibles en -- que esas demandas o necesidades están o serán atendidas por la oferta actual y futura

EL TERCER BLOQUE (PRECIOS). Tiene que ver con las distintas modalidades que toma el pago de esos bienes o servicios, sea a través de precios, tarifas o subsidios.

EL CUARTO BLOQUE (COMERCIALIZACION). Debe-

señalar las formas específicas de elementos intermedios que se han previsto para que el producto del proyecto llegue hasta los demandantes, consumidores o usuarios.

EL ANALISIS DE LA DEMANDA. El análisis de la demanda tiene por objeto demostrar y -- cuantificar la existencia, en ubicaciones -- geográficamente definidas, de individuos o entidades organizadas que son consumidores o usuarios actuales o potenciales del bien o servicio que se piensa ofrecer.

En un sentido restringido del término, ese análisis está íntimamente ligado a la capacidad de pago de los consumidores. Pero en un sentido más amplio el análisis debe abarcar el estudio de la cantidad deseable o necesaria de un cierto bien o servicio, independientemente de la posibilidad de pago directo por parte de aquellos para quienes ese bien o servicio será producido.

EL ANALISIS DE LA OFERTA. Uno de los aspectos del estudio de mercado que suele ofre--

cer mayores dificultades prácticas es la de terminación de la oferta de los bienes o -- servicios que se están analizando, y principalmente la estimación de su oferta futura.

La razón de esas dificultades estriba en que las investigaciones sobre oferta de bienes o servicios debe basarse en informaciones sobre volúmenes de producciones actuales y proyectadas, capacidades instaladas y utilizadas, planes de ampliación y -- costos actuales y futuros. Esas informaciones son generalmente difíciles de obtener, porque en muchos casos las empresas se --- muestran reacias a proporcionar datos sobre el desarrollo de sus actividades. De ahí - que resulte necesario utilizar una variedad de técnicas de encuestas, directas o indirectas, con el propósito de lograr esa información o, por lo menos, cierto tipo de - datos que permitan analizar la situación actual y futura de la oferta.

Por su origen, la oferta podrá ser sólo interna, sólo externa, o combinada. Cual

quiera de estos casos podrá corresponder a un número más o menos grande de productos, acercándose a las definiciones de un mercado de competencia (al menos del lado de la oferta), o a un número reducido de proveedores (oligopolio).

EL ANALISIS DE LOS PRECIOS. En el estudio de mercado del proyecto se analizarán los precios que tienen los bienes y servicios que se espera producir, con el propósito de caracterizar de qué forma se determinan y el impacto que una alteración de los mismos tendría sobre la oferta y la demanda del producto.

En materia de bienes, las modalidades más comunes de fijación de precios son las siguientes:

- a) Precio existente en el mercado interno.
- b) Precio de similares importados.
- c) Precios fijados por el sector público.
- d) Precio estimado en función del costo de producción (como el producto de un

- coeficiente dado por el costo).
- e) Precio estimado en función de la demanda (a través de coeficientes de elasticidad, por ejemplo).
  - f) Precios del mercado internacional (especialmente para productos de exportación).
  - g) Precios regionales; diferenciando entre países que participan de un acuerdo regional y el resto del mundo.

Los tipos de precios a), b) y c) po---drían considerarse como precios "externos"-al proyecto, en el sentido de que están fijados exógenamente a él, mientras que los precios del tipo d) y e) tienen relación -- más directa con las características del proyecto mismo. Los últimos dos tipos de modalidades de fijación de precios, f) y g), corresponderán a productos de exportación, -- por lo que son más bien parámetros para el estudio de mercado que variables que puedan eventualmente manejarse.

tudio de mercado debe completarse con un -- análisis de las formas actuales en que está organizada la cadena que relaciona a la unidad productora con la unidad consumidora, - así como la probable evolución futura de -- esa organización. Tal análisis es un requisito indispensable para poder presentar proposiciones concretas sobre la forma en que se espera distribuir los bienes o servicios que se producirían con el proyecto, teniendo en cuenta las modalidades existentes y - fundamentando, cuando corresponda, la factibilidad de los cambios que se proponen en - relación con esas modalidades.

El correcto planteamiento de las for--mas de organización de la distribución, que corresponden a un concepto ampliado del análisis de comercialización, es requisito in--dispensable para el éxito del proyecto. Los problemas que deberán examinarse se refie--ren al almacenamiento, transporte, acondi--cionamiento y presentación del producto, -- sistemas de crédito al consumidor, asisten--cia técnica al usuario, publicidad y propa--



ganda y todas las cuestiones que afectan a los medios establecidos para asegurar el movimiento de los bienes entre el productor y el consumidor. El detalle y profundidad relativos con que debe presentarse en el documento cada uno de estos problemas dependen de la naturaleza e importancia del proyecto y del mercado de que se trate.

RESULTADOS PARTICULARES. De nuestro estudio de mercado realizado obtuvimos los siguientes resultados:

La Sociedad Mexicana de Oftalmología agrupa cerca de 230 doctores. Estos se encuentran en hospitales como:

- \* Hospital Infantil de México - Departamento de Oftalmología.
- \* Hospital Gea González.
- \* Clínica GI del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).
- \* Clínica Quirúrgica para Enfermos de los Ojos.

\* Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora de la Luz.

GLIENTES POTENCIALES. Nuestro estudio reveló que de los 230 doctores que componen la Sociedad Mexicana de Oftalmología, aproximadamente el 15% son clientes potenciales, esto es, con capacidad económica para poder adquirirlo. (Son alrededor de 30 doctores). Cabe mencionar que dentro del tema "factores económicos, hicimos el costeo del aparato.

#### IV.C.4 FACTORES ECONOMICOS

Generalmente los factores económicos son de los más complejos de entender y evaluar y esto se ve más acentuado actualmente debido como ya sabemos a la crisis económica que aqueja al mundo, y es aun más notoria esta crisis en países en desarrollo como el nuestro. Cabe mencionar esto porque estos factores influyen directamente para el costeo del aparato, esto es, porque para que pueda funcionar el aparato necesita de

algunas partes de importación.

**PARTES DE IMPORTACION.** Al existir partes de importación, su precio varía constantemente de acuerdo al tipo de cambio existente por lo que el costo del aparato variará continuamente mientras transcurra el tiempo, por otra parte la disponibilidad de divisas es escasa. En cuanto a las partes de fabricación nacional éstas también presentan continuos aumentos de precio debido al alto índice de inflación que sufre el país.

**COSTO DEL APARATO.** Debido a lo expuesto anteriormente, queremos decir que el costo del aparato irá variando de acuerdo al índice de inflación y a los tipos de cambio que existan, si se llegan a producir posteriormente este tipo de aparatos. Por lo que pedimos que se tome en cuenta que el costo es válido en el tiempo en que fue realizado este trabajo y que sirva como ejemplo para un posterior costeo.

COTIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL VITREOFA-  
GO EN MONEDA NACIONAL (Septiembre de 1983).

Compresor -----	\$ 45,000.00
Tanques -----	250.00
-----	250.00
Filtros -----	3,000.00
-----	3,000.00
Manómetro -----	1,500.00
Regulador -----	500.00
Vacuómetro -----	1,400.00
Regulador -----	500.00
Válvula 2 V -----	2,500.00
Mangueras y accesorios (focos, apagadores) -----	400.00
Actuador -----	3,000.00
Válvula de 3 V -----	22,500.00
Pedales -----	1,000.00
-----	1,000.00
Válvula de alivio -----	<u>1,850.00</u>
Total	\$ 86,650.00 =====

#### IV.C.5 FACTORES SOCIALES

Las mayorías aspiran a disfrutar de me  
jores condiciones de vida. Luchar porque -

la economía, la educación y la cultura tengan un sentido humanista.

Actualmente se tiene la impresión que contamos con la infraestructura técnica y científica para nuestro desarrollo tecnológico en el campo de la Ingeniería Biomédica. Esto nos ayudará para lograr un incremento de bienes materiales, de empleos, logrando así que los equipos que se fabriquen en nuestro país, estén al alcance de un mayor número de usuarios tanto de servicios como de instituciones médicas, en las zonas rurales y marginadas de la república mexicana.

CONDICIONES ACTUALES. Como ya lo habíamos mencionado, es posible que las condiciones actuales, en lo que respecta a organización tanto social como económica, no sean las más favorables para el logro de estos objetivos, por lo que debemos aunar nuestros esfuerzos, para propiciar que se determinen los caminos a seguir, tomando en cuenta las necesidades de equipo que sean factibles de

producirse actualmente en nuestro país y -- que tal vez sin grandes inversiones de dinero, permitan a través de los industriales - que tengan confianza en la capacidad técnica del Bioingeniero mexicano, lograr una industria prestigiosa.

BIENESTAR COMPARTIDO. Desarrollar una in--dustria implicaría crear fuentes de trabajo, capacitación de personal, mejoramiento del nivel de vida de los trabajadores, etc.

No olvidemos que nuestro principal objetivo es de servicio para con la sociedad, y es el Ingeniero Industrial el integrador de recursos humanos, materiales y económi--cos que busca un incremento de la productividad para generar un Bienestar Compartido, para así llegar a formar una mejor socie---dad.

#### IV.D ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

##### IV.D.1 DESCRIPCION DEL APARATO

El vitreófono es un aparato que funciona a base de aire comprimido y vacío y que es utilizado para la operación del ojo humano. El aparato consta de los siguientes elementos:

- \* UN COMPRESOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO. Este compresor que vemos en la figura A funciona con una tensión de 120 V.A.C. y tiene las siguientes características. Por un lado almacena aire comprimido y por otro vacío.

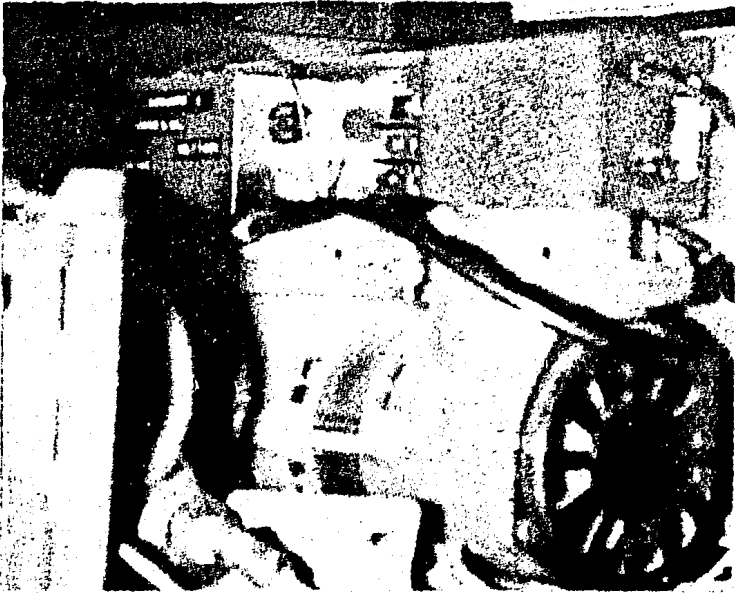


Figura A

- \* DOS TANQUES. Un tanque almacena aire-comprimido, mientras que el otro almacena vacío. Figura B.

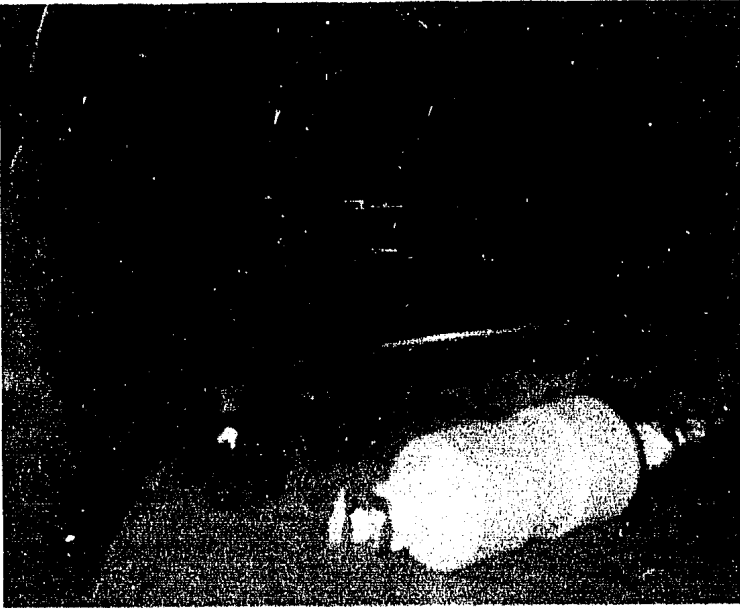


Figura B

- \* DOS FILTROS. Su función es la de garantizar tener siempre el aire lo más limpio posible, libre de partículas, - de que no haya humedad o de que no pase líquido al compresor.



- \* UN REGULADOR DE VACIO. Para controlar la cantidad de vacío deseada.
  
- \* UNA VALVULA SOLENOIDE DE 2 VIAS. Esta válvula trabaja con una cierta corriente que energiza una bobina y cierra o abre el paso de aire, que en nuestro caso será permitir o no el paso de vacío. Sus características son: trabaja con 120 V.A.C. y con 3 amperes.
  
- \* UNA VALVULA SOLENOIDE DE TRES VIAS. - Esta válvula es accionada con corriente directa (12 V.A.C.) y funciona de forma similar a la anteriormente descrita, sólo que esta válvula tiene dos posiciones, o permite el paso de aire-comprimido o permite el paso de vacío, teniendo en cuenta que nunca está cerrada. Sus características son: 6 -- watts 100 psi.
  
- \* UN ACTUADOR. Es un dispositivo electrónico que controla el accionar de la

válvula solenoide de tres vías: la conecta y la desconecta. Consta de un transformador pequeño 120 VDC -- 12-V, elementos resistivos, capacitivos, diodos y un circuito integrado y un relay. La rapidez de variación del actuador es controlada por un reóstato (control de velocidad).

- \* MANGUERAS. Por ellas circula el aire-comprimido y el vacío y se hacen las conexiones debidas. Nosotros las identificamos de la siguiente manera:  
 Color negro - aire a presión  
 Color amarillo - vacío
- \* UN RECOLECTOR. Es un depósito donde se recoge el tejido del ojo.
- \* UN PEDAL. Al accionarlo permite el paso de vacío y succiona el tejido del ojo.
- \* OTRO PEDAL. Acciona el actuador y consecuentemente funciona la válvula de tres vías.

- \* CABLES. Para hacer las conexiones --  
eléctricas.
- \* CTROS. Interrupor general, focos.

#### IV.D.2 FUNCIONAMIENTO

FUNCIONAMIENTO. Una vez descrita cada una de las partes que componen el aparato, pasaremos a explicar su funcionamiento.

- 1) Se tiene un interruptor general que al ser accionado prende el compresor, y un foco nos lo indica.
- 2) Una vez que el compresor arranca, comienza a almacenar aire comprimido en un tanque y vacío en el otro.
- 3a) PARTE DE AIRE COMPRIMIDO. Del tanque que almacena aire comprimido sale una manguera (color negro) que va a un regulador de presión y a un manómetro. - El regulador de presión nos permitirá dejar pasar la cantidad de aire deseada y ésta será leída en el manómetro. - No debe sobrepasar los 15 psi.

- 3a.1) Del manómetro sale la manguera y va directamente a la válvula solenoide de tres vías. Hasta aquí lo que respecta al flujo de aire a presión. Veamos el flujo de vacío.
- 3b) PARTE DEL VACIO. Del tanque de vacío sale una manguera (color amarillo) y pasa por un filtro.
- 3b.1) Del filtro va hacia un regulador de vacío y después a un vacuómetro. El regulador de vacío nos permitirá tener la succión deseada y será leída en el vacuómetro.
- 3b.2) Del vacuómetro vienen dos ramificaciones.
- 3b.3) Una de ellas va a otro filtro y del filtro hacia el recolector. Cabe mencionar que esto será controlado por la válvula solenoide de 2 vías, que al accionar el pedal, nos permitirá tener succión en el recolector.
- 3b.4) La otra va directamente a la válvula solenoide de tres vías.
- 4) Una vez que ya vimos el recorrido tanto del aire a presión como del vacío, continuemos con el funcionamiento del

aparato.

- 5) Vimos en 3.A.1) y 3.B.4) que tanto el aire comprimido como el vacío llegan a la válvula solenoide de tres vías. -- Pues aquí se juntan las dos mangueras (negra y amarilla) y sale una manguera de color azul .
- 6) Por esta manguera de color azul pasará tanto aire comprimido como vacío y esto estará regulado por la válvula solenoide de tres vías. La válvula solenoide de tres vías será accionada por un dispositivo electrónico (actuador) que la hará funcionar.
- 7) Cuando no pase corriente por la válvula solenoide de tres vías, se tendrá vacío.
- 8) Cuando pase corriente por la válvula solenoide de tres vías, se tendrá aire a presión.
- 9) Existe un pedal (corte) que al accionarlo hace funcionar al actuador y por ende a las válvulas solenoide de tres vías.
- 10) Habrá un regulador de velocidad (reos-

tato) del actuador que nos permitirá tener de 25 a 250 ciclos (presión-vacío) por minuto.

El aparato tiene una salida (donde hay presión y vacío) y es ahí donde se conecta la aguja de operación por medio de una manguera. La aguja funciona similarmente a un pistón. Se le inyecta aire a presión, esto permite que la aguja tenga un desplazamiento positivo y se realice el corte y es por medio del vacío que la aguja se retrae; la aguja tiene otra entrada y ésta se conecta al recolector. Como ya lo habíamos mencionado, al oprimir el pedal de succión, abre la válvula de dos vías y succiona el tejido hacia el depósito o recolector. Es importante mencionar que tanto la entrada de aire a presión y vacío, como la de succión, son independientes.

CAPITULO V

CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO  
DE BIOINGENIERIA

## V.A DISEÑO DEL PROTOTIPO

### V.A.1 DETALLES DE LA CONSTRUCCION DEL APARATO

Ya descrito el funcionamiento del aparato nos abocaremos a detallar la construcción del prototipo y a profundizar en el diseño de cada una de las secciones:

- neumática,
- eléctrica,
- mecánica,
- electrónica.

En resumidas cuentas el vitreófono es un aparato en una caja metálica de 40 cm x 40 cm x 20 cm, que proporciona aire a presión o succiona creando un vacío, por aberturas correspondientes. En la parte anterior del aparato tenemos los controles y medidores de estas presiones y succiones, y se puede tener acceso al interior del vitreófono levantando la parte superior de la caja.



PASOS DE LA FABRICACION. Apoyándonos en -- los planos que vienen en la última parte de este capítulo, describiremos ahora los pasos a seguir para la fabricación del prototipo. La secuencia se indicará de tal forma que se pueda obtener la ruta crítica a seguir para la fabricación del prototipo.

OPERACION. Los pasos a seguir para la operación de la máquina son los siguientes:

ENCENDIDO del aparato mediante interruptor-general (el piloto general debe encenderse).

De aquí se puede seguir dos pasos a) o b) ya sea uno solo o los dos simultáneamente: a) CORTE y b) SUCCION.

a) CORTE

Se enciende la parte de corte manualmente para calibrar la presión y vacío con sus respectivos controles. IMPORTANTE: si se va a utilizar succión simultáneamente, se debe calibrar con succión encendido. Ya

ACTIVIDAD	PROCESO	TIEMPO	CODIGO DE NODOS
A	Adquisición de material, piezas y componentes	4 días (8 horas x día)	1-2
B	Revisión de adquisiciones	2 horas	2-3
C	Cortado de placas (V.P.)	1 hora	3-4
D	Troquelado de placas (V.P.)	1 hora	4-5
E	Barrenado de placas (V.P.)	1 hora	5-6
F	Doblado de placas (V.P.)	1 hora	6-7
G	Ensamblado de caja (V.P.)	1/2 hora	7-8
H	Colocación de interruptores, controles y medidores (V.P.)	2 horas	8-10
I	Colocación de compresor, tanques, filtros y válvulas (V.P.)	3 horas	8-10
J	Construcción del control electrónico (V.P.)	5 horas	8-9
K	Instalación neumática (V.P.)	3 horas	10-9
L	Instalación eléctrica (V.P.)	3 horas	9-11
M	Pruebas a las instalaciones y equipo electrónico	1 1/2 horas	11-12
N	Maquilado de presentación	1 hora	12-13

Notas: La placa es de acero calibre 22  
(V.P.) - Ver plano

Tiempo más próximo 52 horas; o sea 6 1/2 días laborables de 8 horas por día.

una vez calibrado el aparato, se conectan - las mangueras de la aguja a la abertura presión/vacío.

#### b) SUCCION

Como generalmente la succión es perma- nente se acostumbra calibrar la succión, en cendiendo corte y luego succión, manualmen- te, después se procede a calibrar la pre -- sión y vacío, mediante sus respectivos con- troles.

LA CALIBRACION, no es otra cosa, sino mover simultáneamente los dos controles (vacío, - presión) hasta tener las unidades de pre--- sión y/o vacío en los medidores respecti--- vos. Una vez calibrada la succión se proce de a conectar la manguera de la aguja que - corresponde a la succión al vaso receptor, - al cual se tiene acceso por la parte late-- ral derecha del aparato.

Calibración y fijación de la veloci--- dad, definiendo alta o baja velocidad y lueu

go fijando un número de cortes por minuto -  
preciso.

Una vez calibrado todo el aparato se -  
puede proceder a la intervención quirúrgi--  
ca, previa disposición del cirujano, pacien-  
te y ayudantes del cirujano; y condiciones-  
técnicas convenientes del sitio.

FUNCIONES. Para la utilización del aparato  
el cirujano puede seleccionar qué función -  
del aparato desea ya sea: a) corte o b) -  
succión o simultáneamente los dos, para es-  
to puede controlar a) y b), de manera ma --  
nual o mediante un pedal de encendido. Por  
lo tanto puede controlar el aparato en sus-  
funciones a) y b) mediante pedales o inte--  
rruptores manuales o una combinación de ---  
ellos.

#### VARIEDADES DE FUNCIONAMIENTO

- 1) Encendido de corte mediante interrup--  
tor manual.

Encendido de succión mediante interrup

- tor manual.
- 2) Encendido de corte mediante pedal.  
Encendido de succión mediante pedal.
  - 3) Encendido de corte mediante interruptor manual.  
Encendido de succión mediante pedal.
  - 4) Encendido de corte mediante pedal.  
Encendido de succión mediante interruptor manual.

La selección de la variedad de funcionamiento dependerá de la facilidad de operación, la conveniencia propia del cirujano o por particularidades de la intervención quirúrgica y sus fases.

- \* DOS TANQUES. Un tanque almacena aire-comprimido, mientras que el otro almacena vacío. Figura B.

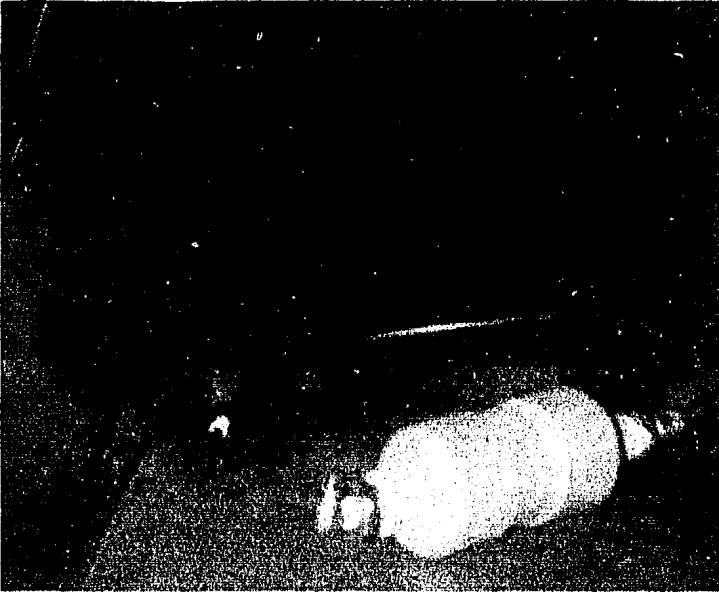


Figura B

- \* DOS FILTROS. Su función es la de garantizar tener siempre el aire lo más limpio posible, libre de partículas, de que no haya humedad o de que no pase líquido al compresor.

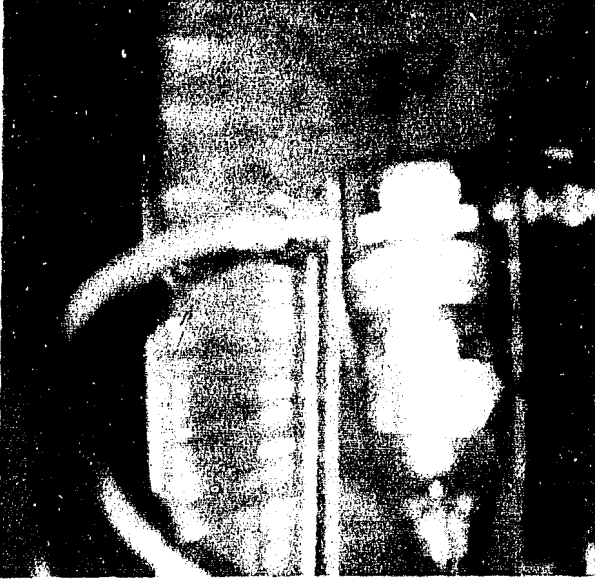


Figura C

- \* UN MANOMETRO. Es para medir la presión del tanque que almacena aire comprimido.
  
- \* UN REGULADOR DE PRESION. Para controlar la cantidad de aire deseada.
  
- \* UN VACUOMETRO. Para conocer la cantidad de "vacío" que tenemos en el tanque que almacena vacío.

- \* UN REGULADOR DE VACIO. Para controlar la cantidad de vacío deseada.
  
- \* UNA VALVULA SOLENOIDE DE 2 VIAS. Esta válvula trabaja con una cierta corriente que energiza una bobina y cierra o abre el paso de aire, que en nuestro caso será permitir o no el paso de vacío. Sus características son: trabaja con 120 V.A.C. y con 3 amperes.
  
- \* UNA VALVULA SOLENOIDE DE TRES VIAS. - Esta válvula es accionada con corriente directa (12 V.A.C.) y funciona de forma similar a la anteriormente descrita, sólo que esta válvula tiene dos posiciones, o permite el paso de aire comprimido o permite el paso de vacío, teniendo en cuenta que nunca está cerrada. Sus características son: 6 -- watts 100 psi.
  
- \* UN ACTUADOR. Es un dispositivo electrónico que controla el accionar de la



válvula solenoide de tres vías: la conecta y la desconecta. Consta de un transformador pequeño 120 VDC -- 12-V, elementos resistivos, capacitivos, diodos y un circuito integrado y un relay. La rapidez de variación del actuador es controlada por un reóstato (control de velocidad).

\* MANGUERAS. Por ellas circula el aire comprimido y el vacío y se hacen las conexiones debidas. Nosotros las identificamos de la siguiente manera:

Color negro - aire a presión

Color amarillo - vacío

\* UN RECOLECTOR. Es un depósito donde se recoge el tejido del ojo.

\* UN PEDAL. Al accionarlo permite el paso de vacío y succiona el tejido del ojo.

\* OTRO PEDAL. Acciona el actuador y consecuentemente funciona la válvula de tres vías.

\* CABLES. Para hacer las conexiones --  
eléctricas.

\* OTROS. Interruptor general, focos.

#### IV.D.2 FUNCIONAMIENTO

FUNCIONAMIENTO. Una vez descrita cada una de las partes que componen el aparato, pasaremos a explicar su funcionamiento.

- 1) Se tiene un interruptor general que al ser accionado prende el compresor, y un foco nos lo indica.
- 2) Una vez que el compresor arranca, comienza a almacenar aire comprimido en un tanque y vacío en el otro.
- 3a) PARTE DE AIRE COMPRIMIDO. Del tanque que almacena aire comprimido sale una manguera (color negro) que va a un regulador de presión y a un manómetro. - El regulador de presión nos permitirá dejar pasar la cantidad de aire deseada y ésta será leída en el manómetro. - No debe sobrepasar los 15 psi.

3a.1) Del manómetro sale la manguera y va directamente a la válvula solenoide de tres vías. Hasta aquí lo que respecta al flujo de aire a presión. Veamos el flujo de vacío.

3b) PARTE DEL VACIO. Del tanque de vacío sale una manguera (color amarillo) y pasa por un filtro.

3b.1) Del filtro va hacia un regulador de vacío y después a un vacuómetro. El regulador de vacío nos permitirá tener la succión deseada y será leída en el vacuómetro.

3b.2) Del vacuómetro vienen dos ramificaciones.

3b.3) Una de ellas va a otro filtro y del filtro hacia el recolector. Cabe mencionar que esto será controlado por la válvula solenoide de 2 vías, que al accionar el pedal, nos permitirá tener succión en el recolector.

3b.4) La otra va directamente a la válvula solenoide de tres vías.

4) Una vez que ya vimos el recorrido tanto del aire a presión como del vacío, continuemos con el funcionamiento del-

aparato.

- 5) Vimos en 3.A.1) y 3.B.4) que tanto el aire comprimido como el vacío llegan a la válvula solenoide de tres vías. -- Pues aquí se juntan las dos mangueras (negra y amarilla) y sale una manguera de color azul .
- 6) Por esta manguera de color azul pasará tanto aire comprimido como vacío y esto estará regulado por la válvula solenoide de tres vías. La válvula solenoide de tres vías será accionada por un dispositivo electrónico (actuador) que la hará funcionar.
- 7) Cuando no pase corriente por la válvula solenoide de tres vías, se tendrá vacío.
- 8) Cuando pase corriente por la válvula solenoide de tres vías, se tendrá aire a presión.
- 9) Existe un pedal (corte) que al accionarlo hace funcionar al actuador y por ende a las válvulas solenoide de tres vías.
- 10) Habrá un regulador de velocidad (reos-

tato) del actuador que nos permitirá tener de 25 a 250 ciclos (presión-vacío) por minuto.

El aparato tiene una salida (donde hay presión y vacío) y es ahí donde se conecta la aguja de operación por medio de una manguera. La aguja funciona similarmente a un pistón. Se le inyecta aire a presión, esto permite que la aguja tenga un desplazamiento positivo y se realice el corte y es por medio del vacío que la aguja se retrae; la aguja tiene otra entrada y ésta se conecta al recolector. Como ya lo habíamos mencionado, al oprimir el pedal de succión, abre la válvula de dos vías y succiona el tejido hacia el depósito o recolector. Es importante mencionar que tanto la entrada de aire a presión y vacío, como la de succión, son independientes.

CAPITULO V

CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO  
DE BIOINGENIERIA

## V.A DISEÑO DEL PROTOTIPO

### V.A.1 DETALLES DE LA CONSTRUCCION DEL APARATO

Ya descrito el funcionamiento del aparato nos abocaremos a detallar la construcción del prototipo y a profundizar en el diseño de cada una de las secciones:

- neumática,
- eléctrica,
- mecánica,
- electrónica.

En resumidas cuentas el vitreóforo es un aparato en una caja metálica de 40 cm x 40 cm x 20 cm, que proporciona aire a presión o succiona creando un vacío, por aberturas correspondientes. En la parte anterior del aparato tenemos los controles y medidores de estas presiones y succiones, y se puede tener acceso al interior del vitreóforo levantando la parte superior de la caja.

PASOS DE LA FABRICACION. Apoyándonos en -- los planos que vienen en la última parte de este capítulo, describiremos ahora los pa-- sos a seguir para la fabricación del proto-- tipo. La secuencia se indicará de tal for-- ma que se pueda obtener la ruta crítica a - seguir para la fabricación del prototipo.

OPERACION. Los pasos a seguir para la ope-- ración de la máquina son los siguientes:

ENCENDIDO del aparato mediante interruptor-- general (el piloto general debe encenderse).

De aquí se puede seguir dos pasos a) o b) ya sea uno solo o los dos simultáneamen-- te: a) CORTE y b) SUCCION.

a) CORTE

Se enciende la parte de corte manual-- mente para calibrar la presión y vacío con-- sus respectivos controles. IMPORTANTE: si se va a utilizar succión simultáneamente, - se debe calibrar con succión encendido. Ya



ACTIVIDAD	PROCESO	TIEMPO	CODIGO DE NODOS
A	Adquisición de material, piezas y componentes	4 días (8 horas x día)	1-2
B	Revisión de adquisiciones	2 horas	2-3
C	Cortado de placas (V.P.)	1 hora	3-4
D	Troquelado de placas (V.P.)	1 hora	4-5
E	Barrenado de placas (V.P.)	1 hora	5-6
F	Doblado de placas (V.P.)	1 hora	6-7
G	Ensamblado de caja (V.P.)	1/2 hora	7-8
H	Colocación de interruptores, controles y medidores (V.P.)	2 horas	8-10
I	Colocación de compresor, tanques, filtros y válvulas (V.P.)	3 horas	8-10
J	Construcción del control electrónico (V.P.)	5 horas	8-9
K	Instalación neumática (V.P.)	3 horas	10-9
L	Instalación eléctrica (V.P.)	3 horas	9-11
M	Pruebas a las instalaciones y equipo electrónico	1 1/2 horas	11-12
N	Maquilado de presentación	1 hora	12-13

Notas: La placa es de acero calibre 22 (V.P.) - Ver plano

Tiempo más próximo 52 horas; o sea 6 1/2 días laborables de 8 horas por día.

una vez calibrado el aparato, se conectan las mangueras de la aguja a la abertura presión/vacío.

b) SUCCION

Como generalmente la succión es permanente se acostumbra calibrar la succión, encendiendo corte y luego succión, manualmente, después se procede a calibrar la presión y vacío, mediante sus respectivos controles.

LA CALIBRACION, no es otra cosa, sino mover simultáneamente los dos controles (vacío, presión) hasta tener las unidades de presión y/o vacío en los medidores respectivos. Una vez calibrada la succión se procede a conectar la manguera de la aguja que corresponde a la succión al vaso receptor, al cual se tiene acceso por la parte lateral derecha del aparato.

Calibración y fijación de la velocidad, definiendo alta o baja velocidad y luego

go fijando un número de cortes por minuto -  
preciso.

Una vez calibrado todo el aparato se -  
puede proceder a la intervención quirúrgi--  
ca, previa disposición del cirujano, paciente  
y ayudantes del cirujano; y condiciones-  
técnicas convenientes del sitio.

FUNCIONES. Para la utilización del aparato  
el cirujano puede seleccionar qué función -  
del aparato desea ya sea: a) corte o b) -  
succión o simultáneamente los dos, para es-  
to puede controlar a) y b), de manera ma --  
nual o mediante un pedal de encendido. Por  
lo tanto puede controlar el aparato en sus-  
funciones a) y b) mediante pedales o inte--  
ruptores manuales o una combinación de ---  
ellos.

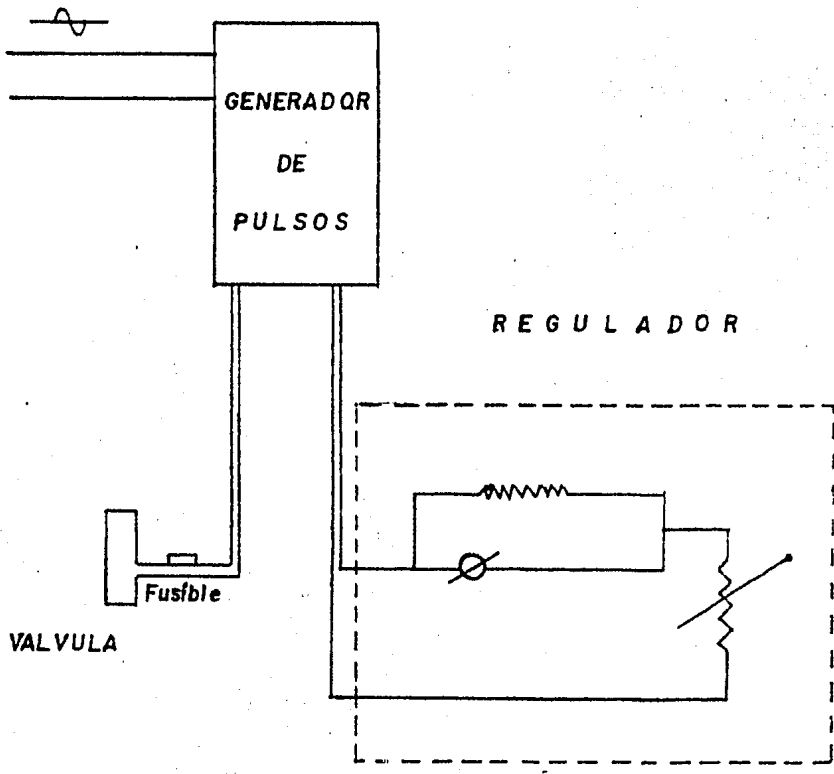
#### VARIEDADES DE FUNCIONAMIENTO

- 1) Encendido de corte mediante interrup--  
tor manual.

Encendido de succión mediante interrup

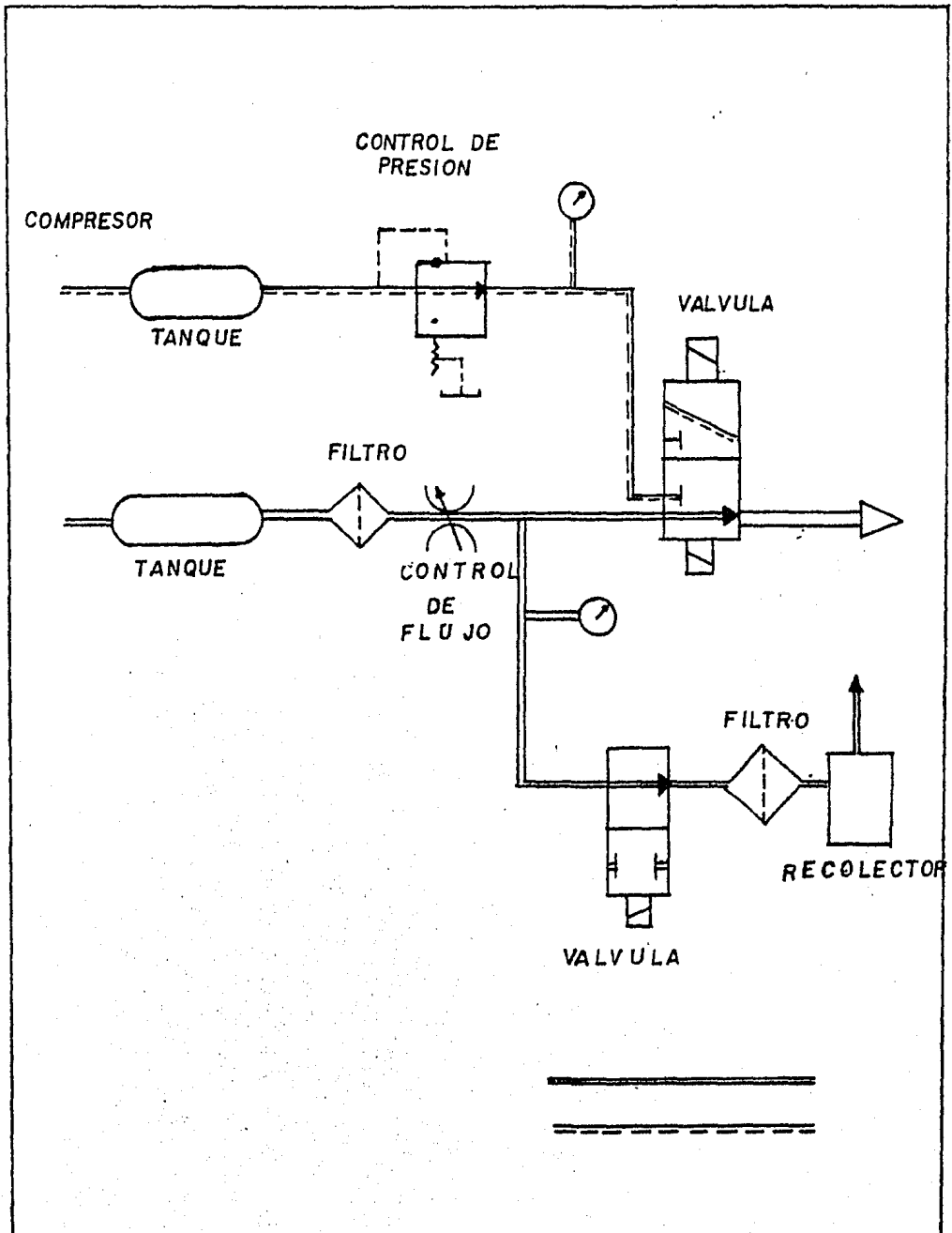
- tor manual.
- 2) Encendido de corte mediante pedal.  
Encendido de succión mediante pedal.
  - 3) Encendido de corte mediante interrup--  
tor manual.  
Encendido de succión mediante pedal.
  - 4) Encendido de corte mediante pedal.  
Encendido de succión mediante inte --  
rruptor manual.

La selección de la variedad de funcio-  
namiento dependerá de la facilidad de opera-  
ción, la conveniencia propia del cirujano o  
por particularidades de la intervención qui-  
rúrgica y sus fases.



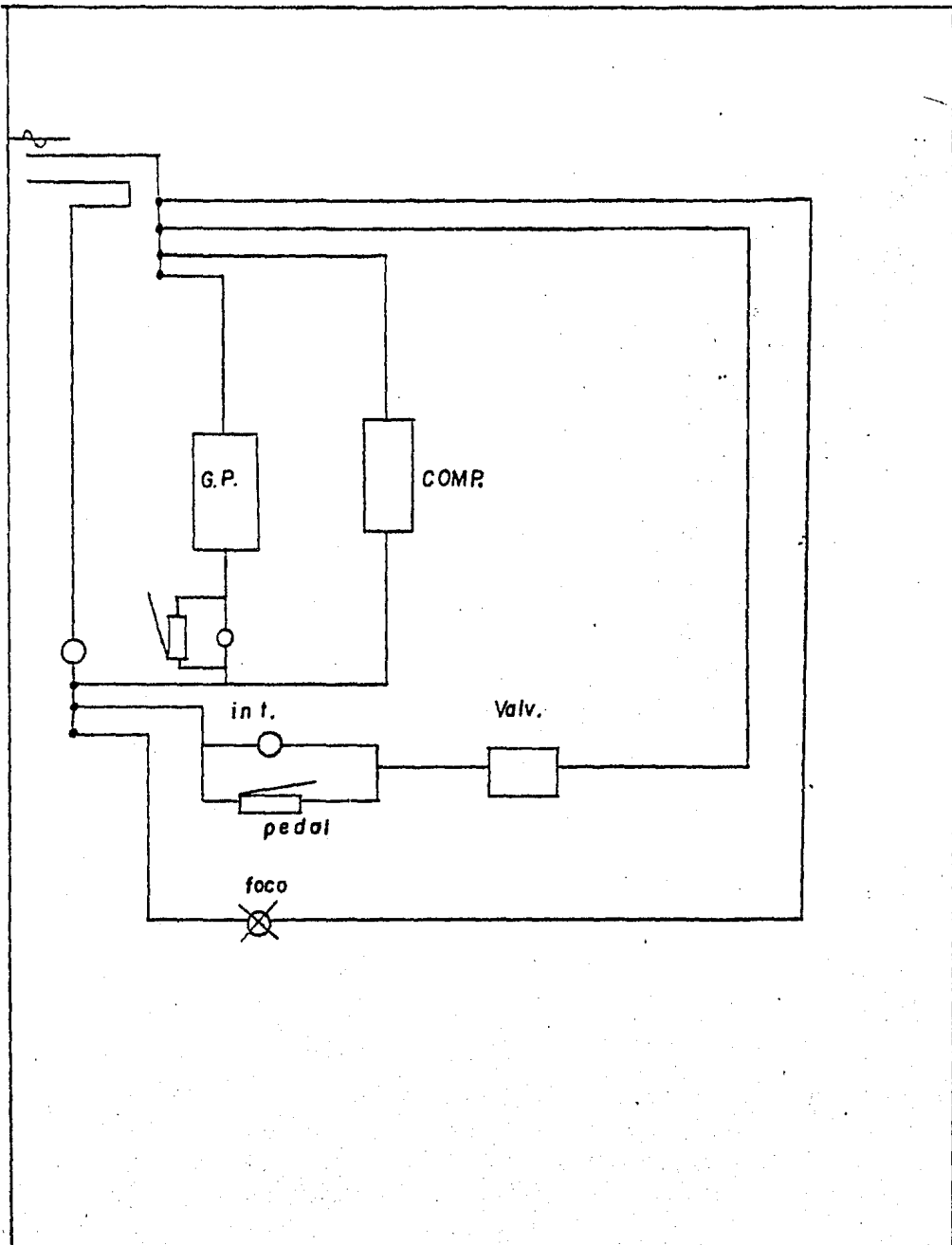
VITREOFAGO

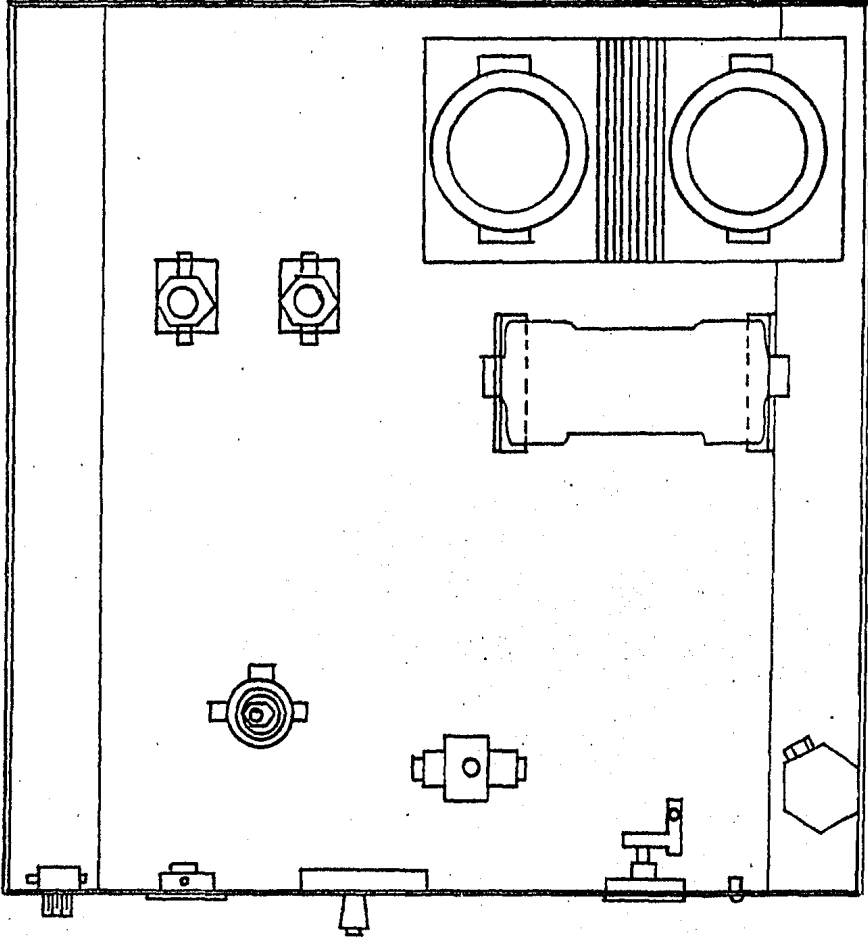
INSTALACION A - C



VITREOFAGO

INSTALACION NEUMATICA

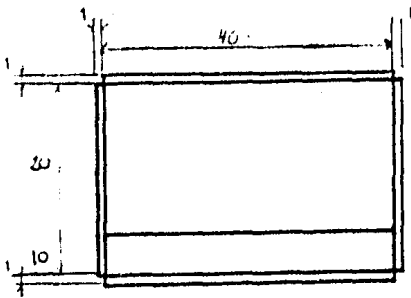




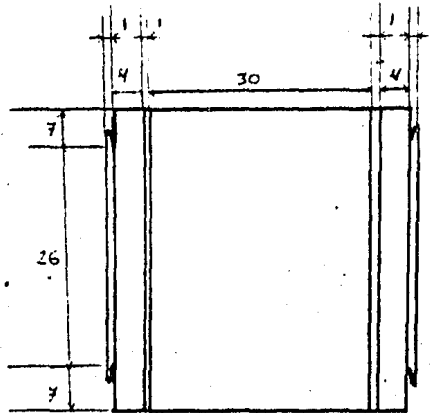
VITREOFAGO

DISTRIBUCION (PLANTA)

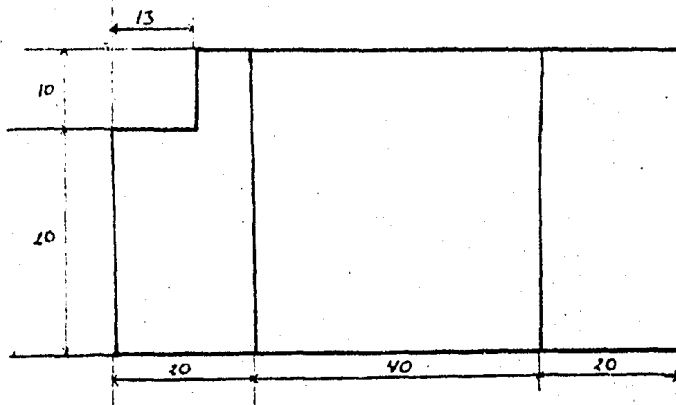




LADO  
FRONTAL y POSTERIOR



INFERIOR

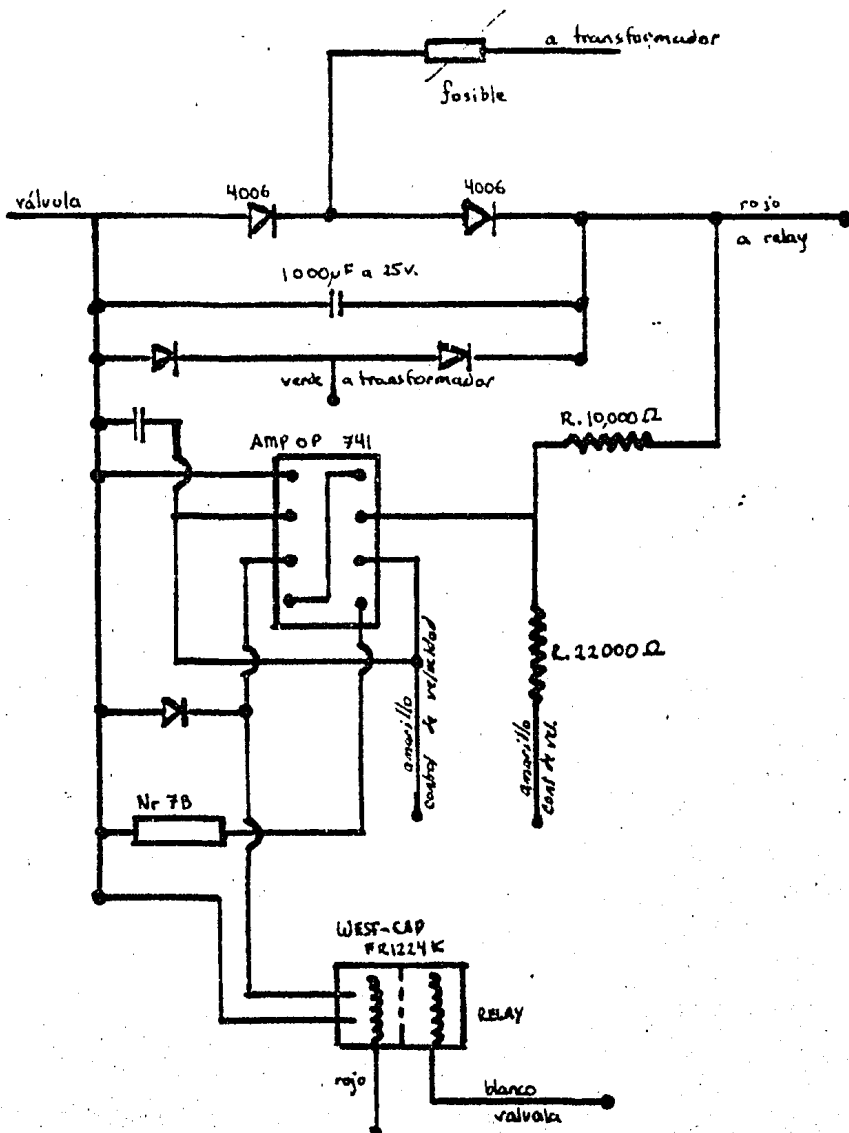


SUPERIOR



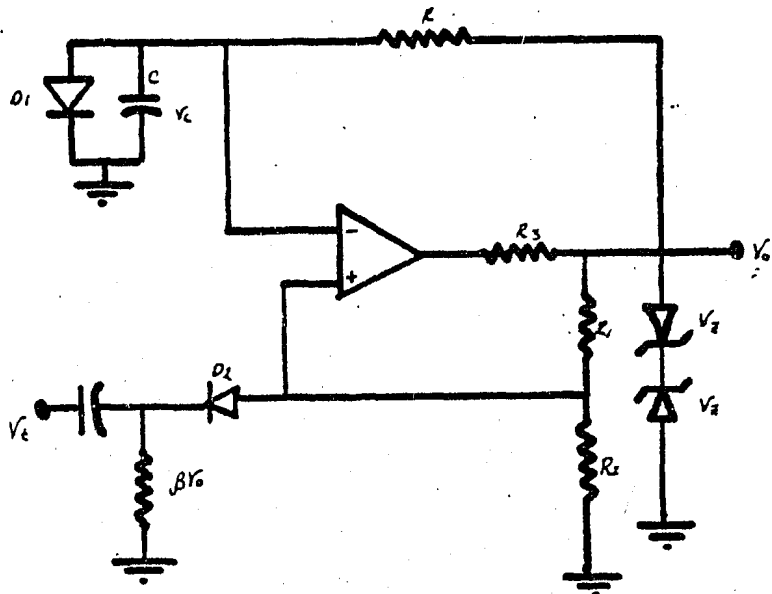
VITREOFAGO

PLACAS



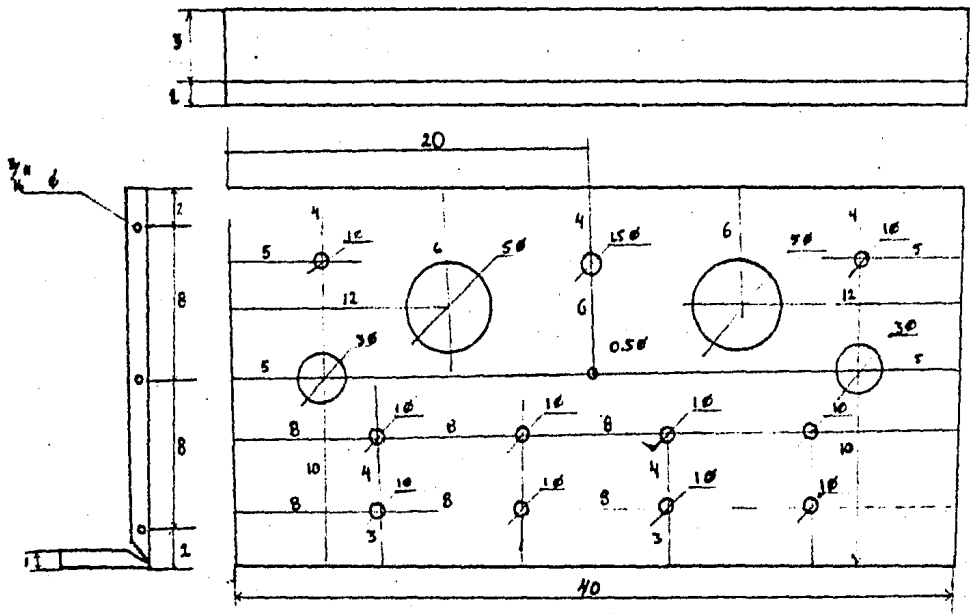
# VITREÓFAGO

INSTALACION GENERADOR PULSOS



# VITREOFAGO

AMPLIFICADOR OPERACIONAL AMP OP 741

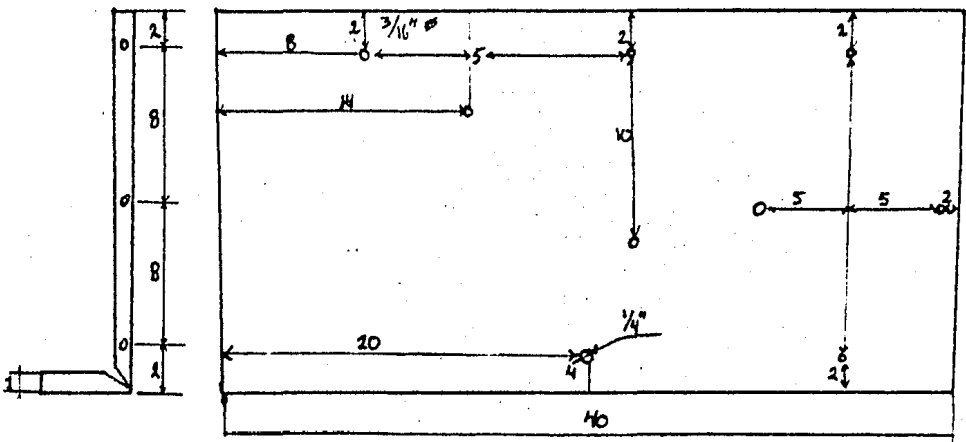
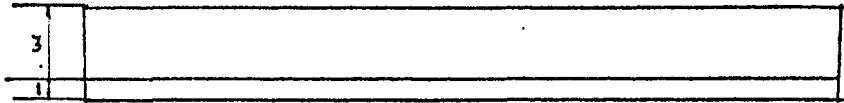


VITREOFAGO

PLACA FRONTAL

S. E.

ACOT.  
cm.



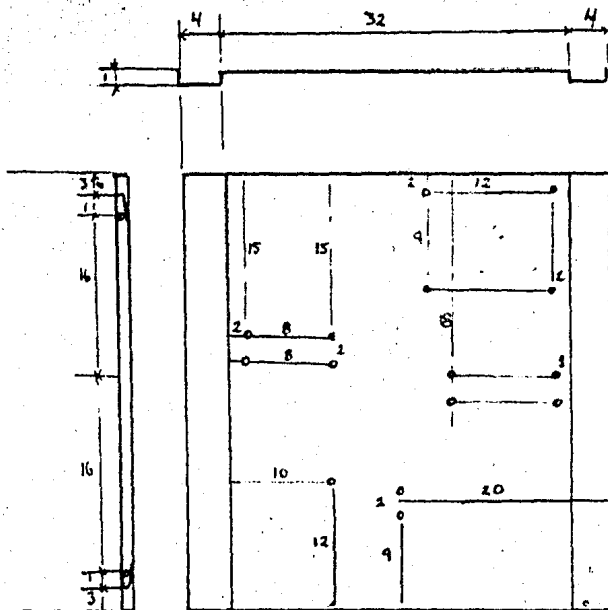
todos los barrenos  $3/16$ " e menos  
que se indique



VITREOFAGO

PLACA POSTERIOR

SE.
ACOT.
cm.



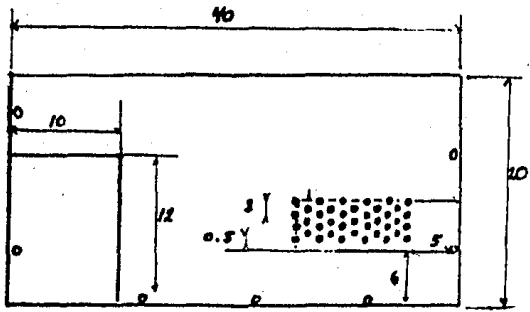
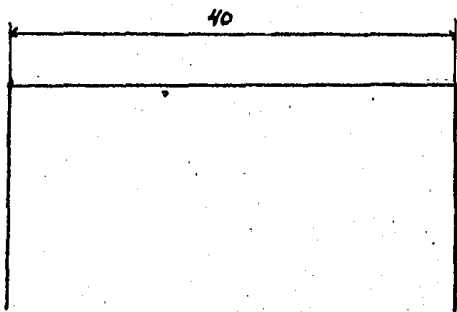
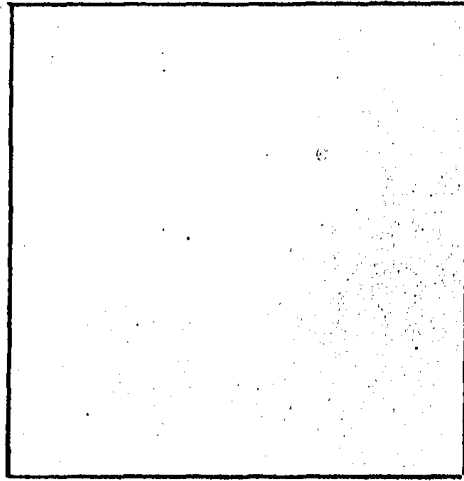
todos los barrenos 3/16 "



VITREOFAGO

PLACA INFERIOR

ACOT.  
cm.



todos los barrenos  $3/16''$



VITREOFAGO

PLACA SUPERIOR

S.E.  
ACOT.  
cm.

## CAPITULO VI

### EVALUACION DEL PROTOTIPO

### Y CONCLUSIONES



VI.A CONCLUSIONES SOBRE LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN LA FABRICACION DEL PROTOTIPO

VI.A.1 PROBLEMAS METODOLOGICOS Y ORGANIZACIONALES

LOS ERRORES. Plantear el método de diseño en un plano teórico y realizar las modificaciones pertinentes a partir del desarrollo del diseño de un caso particular, en este caso, del vitreóforo, provoca una serie de errores en la apreciación global del problema de la creación de equipo biomédico, y -- además, induce una serie de limitaciones -- propias de la particularidad y de la poca -- experiencia en el campo del diseño de estos productos.

VENTAJAS. Creemos que el método propuesto, de manera general en el segundo capítulo, y centrado en la creación de equipo biomédico en el tercero, es un método sencillo, de -- cualidades versátiles que le permite en un -- momento dado adaptarse a la solución de ---

otro tipo de problemas o al diseño de otras clases de equipo.

Por lo que podemos concluir, por lo -- que respecta al método que en el diseño, su organización y programación y sus actividades afines son de vital importancia para obtener resultados productivos. Es tal vez -- más importante en proyectos de diseño que -- en actividades rutinarias. El diseñador -- que anticipa las diversas actividades que -- deben realizarse para la obtención de una -- solución está mejor preparado que la perso--na desorganizada.

RESPONSABILIDADES. El ingeniero debe res--ponsabilizarse por la utilización eficiente del tiempo, dinero, equipo y personal, además de sus tareas de consultoría técnica y supervisión del proyecto.

Podemos decir que aplicando las técni--cas de diseño a cualquier proyecto obtene--mos una mayor probabilidad de llegar a las--mejores soluciones de una forma organiza--da.

y que además nos lleva a tener grandes ahorros de recursos y tiempo en la realización del proyecto, es por esto que pensamos es recomendable para toda persona que de alguna manera se relacione con el diseño, aplicar las técnicas de diseño para la obtención de mejores resultados más eficientemente.

#### VI.A.2 PROBLEMAS TECNICOS

IMPORTACIONES. Los rangos de seguridad y calidad de servicio deseados, nos obligaron en algunas partes del aparato, a recurrir a la adquisición de equipo importado. Desafortunadamente esto parece ser el caso general. Como antes lo habíamos mencionado, es de vital importancia que se desarrollen en el país industrias que se ocupen de la fabricación de componentes esenciales de casi todos los equipos (válvulas, compresoras, etc.) y que se le exija la calidad necesaria y establecida en normas, además, paralelamente se deben ofrecer los incentivos y seguridad pertinentes para que se estimulen

las inversiones en este campo.

INTERDISCIPLINARIDAD. El diseño del vitreó-  
fago exigió un contacto estrecho con los of-  
talmólogos interesados en la construcción -  
del aparato, esto creemos, es el medio más-  
eficaz para desarrollar y encauzar las ---  
ideas hacia la más pronta satisfacción y --  
conclusión del diseño.

#### VI.A.3 PROBLEMAS ECONOMICOS Y FINANCIEROS

APOYO. La obtención de apoyo económico y -  
financiero es siempre difícil, y más en el-  
campo del diseño de productos jamás lanza--  
dos al mercado.

Los caminos posibles a seguir se desa-  
rrollaron en el tercer capítulo de esta te-  
sis. Nuestro caso particular es especial--  
mente raro, el financiamiento se obtuvo de-  
un oftalmólogo interesado en la construc---  
ción de un vitreófago mexicano.

POSIBILIDADES. Tal vez si se logra expli--

car con todo lujo de detalle, las ventajas, desventajas, posibilidades y riesgos que implican la creación de tecnología biomédica a los interesados, se puedan solucionar muchos problemas que se presentan en este campo por medio de financiamientos de particulares y hasta que no se genere una política oficial de apoyo más amplio a este sector, recurrir a los profesionales biomédicos para la creación de equipo biomédico.

#### PROBLEMAS MERCADOLÓGICOS

TIPO DE MERCADO. En general los equipos diseñados y por diseñar, en el campo biomédico son equipos con mercados bien definidos y especializados. Esto permite que los estudios de mercado sean de lo más objetivos y verificables.

El mismo contacto estrecho que mencionábamos arriba, también se presenta en el problema del ofrecimiento del producto a los demandantes posibles.

RIESGOS. Como en general son equipos caros no se puede permitir que se diseñen en el ánimo de luego presentarlos a los posibles particulares, centros e instituciones que los puedan adquirir sin que hubiese un contacto previo, esto sería demasiado riesgoso para los diseñadores y financiadores, inútil para los profesionales que tienen los problemas a solucionar, e indeseable para la economía del país.

EN GENERAL. Podemos concluir que el diseño es la esencia de la Ingeniería, que plan -- tear un método para la creación de equipo biomédico nos ha sido beneficioso en la medida que redondeamos muchos conceptos adquiridos a lo largo de la carrera y claro tuvimos la oportunidad de la aplicación de estos conocimientos en un terreno fascinante y novedoso, como es el de la Ingeniería Biomédica.

El futuro de este campo es enorme y -- creemos que quien se dedique a ella tendrá -- satisfacciones profesionales y económicas --

que superan las comunes. Además la más que clara necesidad de sustituir importaciones y de crear equipo nacional, imprimen el carácter consecuente que tienen los profesionales diseñadores de este campo.

FINALMENTE no nos resta más que finalizar esta tesis con el deseo de que el trabajo desarrollado en estas páginas sirva, en un momento dado para solucionar algunos problemas, particularmente de la Ingeniería Biomédica. Sabemos que el camino del diseño no es fácil y hemos querido simplificar los grandes problemas que se presentan. La búsqueda de soluciones a problemas que afectan a la salud, es por sí misma satisfactoria, pero no podemos darnos el lujo de no crear las soluciones necesarias a los problemas de la salud, el bienestar común de los mexicanos lo exige y nuestro deber hacia las personas que contribuyeron a nuestro desarrollo profesional, también.

BIBLIOGRAFIA

- DIXON John R.:           Diseño en Ingeniería, inventiva, -  
análisis y toma de decisiones. Ed.-  
Limusa, México, 1979.
- KRICK Edward:           Fundamentos de Ingeniería. Métodos  
Conceptos y resultados. Ed. Limusa.  
México, 1979.
- BAUMEISTER Theodore:   Marks Manual del Ingeniero Mecáni--  
co. Ed. McGraw Hill. México, 1980.
- ANDERSEN Blaine W.:    The analysis and design of pneumatic  
systems. Ed. Robert Kreiger. New --  
York 1976.
- INGERSOLL RAND:        Compressed air and gas data. Inger--  
soll Rand. New Jersey, 1980.
- MILLMAN Jacob:         Microelectronics. Digital and    --  
Analog Circuits and Systems. Ed. -  
McGraw Hill. New York, 1980.
- GRINICH Victor H.:     Introduction to Integrated Circuits.  
Ed. McGraw Hill. International,   -  
1979.
- RENSIS Likert:         The Human Organization. New Patterns  
of Management. Ed. McGraw Hill,   -  
1969.



- C. WEST Churchman: Perspectives of the Systems Approach. Interfaces, vol. 4, No. 4. Agosto, -- 1974.
- RAYMOND N. Blair: Elements of Industrial Systems Engineering. Ed. Prentice Hall, 1971.
- HANNON W. John: A Fresh Look at Industrial Engineering. Revista: Industrial Engineering, AIE. Mayo de 1968.
- MOGUEL MORAN Carlos A.: Innovación, Desarrollo e Ingeniería Industrial. Conferencia.
- MOGUEL MORAN Carlos A.: ¿Qué es la Ingeniería Industrial? Conferencia presentada en el Seminario Regional de Ingeniería Industrial de Pachuca, Hgo.
- CEPEDA T. Filiberto: La Ingeniería Industrial en el Tercer Mundo. II Congreso Interamericano de Sistemas e Informática. Ciudad de México. 24 al 30 de noviembre de 1974.
- CASCAJARES P. Juan Luis Compendio de Anatomía, Fisiología e -  
 CHAVERO R. Enrique Higiene. Ed. ECLAL, S.A., 1976.  
 DE LACHICA E. Victor M.  
 LARIOS R. Ignacio  
 RUELAS E. Guillermo:
- CHANG, H.T.: Physiology of Vision. Ann. Rev. --  
 Physiol., 1953.

CHAMPANIS A.:

Vision. Ann. Rev. Physiol., 1948.

VAUGHAN Daniel:

Oftalmologia General. Taylor  
Asbury.