

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO PARA LA REALIZACION  
DE MICROCIURUGIA OCULAR

**T E S I S**

Que para obtener el Título de

**Ingeniero Mecánico Electricista**

p r e s e n t a n

ALONSO ALFARO SANCHEZ  
ENRIQUE FRANCO FAJARDO  
GIANCARLO MARINO PEREZ

Area Industrial  
Area Mecánica  
Area Mecánica



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

## INDICE GENERAL:

	Página
INTRODUCCION	
- OBJETIVOS GENERALES .....	3
- ALCANCES Y LIMITACIONES .....	5
- METODOLOGIA .....	7

## CAPITULO 1

### ENTORNO A LA INGENIERIA BIOMEDICA, MECANICA Y ELECTRICA

1.1 ANTECEDENTES DE INGENIERIA BIOMEDICA .....	8
1.2 DESARROLLO EN MEXICO DE LA INGENIERIA BIOMEDICA .....	13
1.3 LA INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y SU RELACION . CON LA INGENIERIA BIOMEDICA .....	15
1.4 APLICACION DE AMBAS AL APARATO DE MICROCIRUGIA OCULAR .....	17

## CAPITULO 2

### DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

2.1 SISTEMA NEUMATICO .....	26
2.2 SISTEMA DE CONTROL .....	28
2.3 DISEÑO DEL GABINETE .....	32
2.4 LISTA DE PARTES Y ESPECIFICACIONES .....	34

## CAPITULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

3.1 BASES DE DISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO .....	54
3.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACION .....	61
3.3 ESPECIFICACION Y ANALISIS DE LAS OPERACIONES .....	63

## CAPITULO 4

### PERFIL TECNICO - ECONOMICO

4.1 ESTUDIO DE MERCADO .....	74
4.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
ECONOMICA .....	93
4.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
TECNICA .....	98
4.4 ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACION .....	100
CONCLUSIONES .....	102
BIBLIOGRAFIA	

## INTRODUCCION :

Si consideramos a la ingeniería como "el arte de transformar el medio ambiente en beneficio de la humanidad ", podremos concebirla como una disciplina universal. Es por ésto que, al estudiar y analizar diferentes ámbitos del quehacer tecnológico, se decidió el introducirse dentro del área de la medicina y especialmente en la oftalmología, como un campo escasamente explorado por la ingeniería nacional.

Actualmente la población de nuestro país, en un acelerado proceso de crecimiento y expansión, requiere y exige una gran cantidad de servicios médicos y de salud. Es necesaria atención médica tanto preventiva como curativa para individuos de diversas características socioeconómicas y geográficas.

Sin embargo las carencias del país y los problemas a los que se enfrenta en aspectos tales como el económico y el educativo, generan servicios médicos escasos y a un costo muy elevado. Esto se traduce en personal deficientemente capacitado, y tecnología atrasada que en ocasiones es obsoleta, equipo e instrumental anticuado y poco eficiente, poca investigación en el área y, muchos factores que en conjunto impiden el resolver los problemas de salud en forma adecuada.

El presente trabajo al desarrollar un aparato médico, integrando a tres áreas de la ingeniería, como son la mecánica, electrónica e industrial, pretende dar un paso hacia la compenetración de dichas disciplinas en éstos campos del conocimiento humano.

La ingeniería mexicana puede y debe colaborar en la solución o disminución del problema de servicios de salud a través del diseño, desarrollo y fabricación de equipo e instrumental que sea producto de la aplicación de técnicas de ingeniería en la medicina, de bajo costo y alta calidad; al adaptar éstos productos a las necesidades reales de México.

Solo de ésta manera podrá ser eliminado uno de los grandes obstáculos que impiden el avance de los servicios de salud en México, con la prontitud que el propio país requiere.

## OBJETIVOS GENERALES

La carencia casi total de tecnología propia en el área médica, crea la necesidad de importar el equipo e instrumental necesario en esta área . Es evidente que esta importación encarece los servicios médicos y a la vez disminuye la capacidad de atención, así como los sistemas utilizados en ésta; amén de fomentar la dependencia tecnológica de nuestro país.

Una alternativa satisfactoria para el logro de la independencia en cuanto a tecnología de aplicaciones biomédicas, es la fabricación de equipo en México con base en los modelos de importación, procurando siempre menores costos, calidad competitiva, una mínima importación de partes, y la asimilación nacional de esta tecnología.

Como un caso particular de éste trabajo se persiguen los objetivos siguientes :

1.- Diseño y construcción de un prototipo para realizar cirugía mediante el corte y extracción de tejido fibroso del globo ocular (vitrectomía vía parsplana). Esto se llevará a cabo bajo los criterios fundamentales de:

- A) Integración Nacional
- B) Máxima Confiabilidad
- C) Rentabilidad
- D) Beneficio Social
- E) Mínimo Costo

2.- Diseñar y plantear el proceso productivo asociado al aparato de cirugía ocular, esto comprende:

- A) Estudio de Factibilidad Técnica
- B) Estudio de Factibilidad Económica
- C) Estudio de Mercado
- D) Características de beneficio social

## ALCANCES Y LIMITACIONES

En el presente trabajo, como se mencionó anteriormente, se pretende la creación de un prototipo de un aparato para la realización de microcirugía ocular involucrando en el mayor porcentaje posible la tecnología existente, es decir se procurará la adaptación de los componentes del aparato a sistemas existentes en el mercado.

Es importante reiterar que no se pretende crear un diseño tan especializado que sus componentes deban ser fabricados expresamente para su realización práctica, al menos en ésta etapa inicial del desarrollo.

El diseño de este aparato deberá encaminarse al logro de características competitivas a nivel de mercados internacionales en cuanto a lo que se refiere a los siguientes puntos:

- a) Confiabilidad de operación, ya que la utilización de este aparato en cirugía ocular no admite irregularidades en su funcionamiento.
- b) Economía, utilizando un alto grado de integración nacional es claro que se podrá lograr un considerable abatimiento en el precio del producto, sin que ésto implique un demérito en la calidad de los componentes.

c) Presentación, dado que se desea lograr una amplia comercialización de nuestro producto, y puesto que el producto existente actualmente en el mercado presenta un alto grado de desarrollo estético, se pretende dotarlo de una presentación adecuada sin que ésto incida de manera significativa en el costo final del producto para poder lograr un grado de competitividad aceptable.

Creemos que es necesario mencionar que por el momento no se cuenta con vastos recursos económicos, por lo que sin descuidar los puntos antes mencionados, se adecuará el desarrollo al presupuesto disponible, con vistas a su posterior comercialización.

## METODOLOGIA:

Como primer paso creemos fundamental la comprensión adecuada del problema que surge a partir de la necesidad de realizar una operación de microcirugía ocular, en este caso la extracción de tejido fibroso del interior del globo ocular mediante la operación denominada vitrectomía vía pars plana.

Como segundo punto se analizará el funcionamiento de cada uno de los componentes del aparato ya existente, logrando así una comprensión de su funcionamiento para posteriormente entrar en la fase propia de diseño.

Una vez logrado el diseño preliminar, se procederá a la adaptación de los componentes a los parámetros comerciales disponibles, efectuando posteriormente una reevaluación del diseño para así obtener el diseño definitivo.

Por otra parte, ya establecido el diseño definitivo, y con bases en el estudio mercadológico se procederá al desarrollo del sistema productivo y de comercialización.

## CAPITULO 1

### ENTORNO DE LA INGENIERIA BIOMEDICA Y MECANICA ELECTRICA

#### 4.1 ANTECEDENTES DE LA INGENIERIA BIOMEDICA

Como sabemos la ingeniería biomédica es una actividad relativamente nueva cuyo nacimiento surge de la necesidad de complementar y/o solucionar problemas de limitaciones físicas de los organismos vivos, en especial del organismo humano, que para su solución involucran equipos interdisciplinarios de profesionistas en diferentes áreas de la medicina, ingeniería y física, cuyos objetivos, además de la resolución de problemas, incluyen desarrollos tendientes a la creación de nuevas alternativas en el área de la salud.

#### IMPORTANCIA DE LA CREATIVIDAD

La historia de la civilización es, esencialmente, la conciencia de la capacidad creativa del ser humano. La imaginación es la piedra angular del desarrollo de la humanidad; ésta es la supervivencia de la especie, además de la correspondiente expansión, tendiente a conquistar el mundo, y, de ser posible su universo.

El control de la energía atómica fué un triunfo espectacular de la creatividad humana sobrepasando límites históricos. La sociedad moderna, con su énfasis en la

síntesis progresiva de las ciencias puras y la tecnología, admite que estas derivan de la imaginación para desarrollarse.

**"ES AXIOMÁTICO QUE PARA PENSAR INTELIGENTEMENTE DEBEMOS PENSAR CREATIVAMENTE"**

Las funciones mentales básicas se pueden englobar bajo la siguiente clasificación genérica:

- 1.- Absorción- la habilidad de observar y prestar atención a un evento.
- 2.- Retención- La habilidad de memorizar y recordar.
- 3.- Razonamiento- La habilidad de analizar, juzgar y sintetizar.
- 4.- Creatividad- La habilidad de visualizar, prever eventos y generar ideas.

Los dispositivos electrónicos poseen la capacidad de ejercer las tres primeras funciones, y todavía parece improbable que una máquina sea capaz de aportar ideas.

Albert Einstein dijo que " la creatividad es más importante que el conocimiento en sí " por que el conocimiento tiene límites, y la creatividad no, ya que parte de la imaginación.

Julio Verne decía "Cualquier cosa que un hombre sea capaz de concebir, otro hombre es capaz de realizar".

John Mansfield dijo "El cuerpo del hombre tiene defectos, su mente no es veráz, pero su imaginación lo ha hecho digno de ser recordado".

Pruebas psicológicas en el análisis de la creatividad han determinado que la creatividad se encuentra NORMALMENTE DISTRIBUIDA en la población. Además de que las ideas más originales han sido generalmente producidas por gente común. Por otra parte la creatividad es independiente de la edad, pero como decía Platón " La experiencia se lleva más de lo que aporta, por tanto la gente joven está más cerca de 'la idea' que la gente grande ".

El factor de educación tendiente a desarrollar la inteligencia de memoria, no siempre ayuda al trabajo creativo, por ésto el Dr. L.L. Thurstone dice " ser extremadamente inteligente no es lo mismo que estar capacitado para el trabajo creativo, los estudiantes de mayor inteligencia no siempre producen las mejores ideas"

En el proceso creativo influye completamente el hecho de tener "Mucha confianza en uno mismo ", para que se de el proceso creativo y en general el proceso intelectual, y si es un círculo vicioso, para ser creativo se requiere una gran autoestima y viceversa.

Es importante que tengamos conciencia que existe imaginación constructiva y destructiva, la destructiva se puede asociar con transtornos psicológicos, de drogas o sueños y conduce a estados anormales inútiles.

La forma de imaginación creativa es la importante, y una forma de obtener ideas útiles es motivarlas, "Cuando buscamos alguna cosa, queremos que esta se realice, entonces con éste deseo, podemos a menudo hacer que se realice por nuestra voluntad ". La imaginación creativa tiene su componente mística; es decir, como dice Richard Roberts "Hay un trabajo que realizar en el mundo, una influencia que puede ser clasificada como creativa, que siempre opera, que es capaz de aglutinar nuestra vida con nuestros deseos naturales. De esto hay una impresionante evidencia, evidencia de la Divinidad".

El desarrollo de la creatividad se dá igual al desarrollo muscular, esto es CREANDO CONTINUAMENTE, ejercitando nuestras aptitudes creativas de tal manera que sea posible ir enseñando al cerebro a crear.

Viajar y vagabundear ayudan a personas no creativas a aumentar su creatividad, las experiencias de los viajes son experiencias creativas que estimulan a los músculos de la creatividad .

Los 'hobbies' son actividades que ayudan a la creatividad a desarrollarse, así como la lectura de buenos libros buscando siempre nuestra propia diversión, y así permitir el acceso de información sana al cerebro.

El maestro Huges ( uno de los primeros maestros de creatividad), decía "La forma sana de leer es rica en vitaminas. Aunque haya libros que no son veraces, siempre

aportan mas cosas buenas que malas, pues de alguna manera reflejan el razonamiento de muchas personas en diversas épocas y circunstancias, que nos enriquecen históricamente".

El proceso de encontrar nuevas ideas para resolver un problema se divide en tres procedimientos generalmente.

a) Encuentro rápido: cuando se busca la información a partir

de todos los datos conocidos .

b) Lluvia de ideas: generar ideas y hacerlas coincidir con nuestra

idea aún no totalmente formada y así iterar varias

veces.

c) Encuentro de soluciones: la aplicación de la evaluación

e implementación final.

## 1.2 DESARROLLO EN MEXICO DE LA INGENIERIA BIOMEDICA

Tradicionalmente el campo de la ingeniería biomédica como tal, no ha tenido desarrollo y promoción adecuada en el país, debido a que los logros obtenidos han sido implementados en su mayoría por profesionales capacitados únicamente en el área de la medicina. A pesar de lo anterior dichas personas han logrado desarrollos sobresalientes en diversos campos, dada la necesidad de resolución inmediata de los problemas de salud que se presentan y deben ser atacados con los recursos disponibles en el momento. Debido a lo anterior estos desarrollos han carecido de fundamentos teóricos y tecnológicos que los sustenten como soluciones adecuadas técnicamente.

La creación en México de grupos de trabajo multidisciplinarios en este campo ha visto truncado su desarrollo por las siguientes razones:

La primera más importante es que en los países desarrollados, esta disciplina ha tenido un impulso considerable en los últimos años creando toda una infraestructura a nivel mundial en las áreas de investigación, desarrollo y comercialización, lo cual implica un fácil acceso por parte de las instituciones de salud mexicanas a éstos productos, inhibiendo el desarrollo de tecnologías nacionales para la fabricación de éstos.

Por otra parte existe una grave falta de comunicación entre la comunidad médica mexicana y las personas que estén en disponibilidad de proporcionar servicios técnicos encaminados a coadyuvar en la solución de sus necesidades.

### 1.3 LA INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y SU RELACION CON LA

#### INGENIERIA BIOMEDICA

Los grupos de trabajo mencionados anteriormente están integrados principalmente por profesionales en las siguientes áreas de la ingeniería:

- Mecánica
- Electrónica
- Industrial
- Computación
- Química
- Física
- Eléctrica

Que colaboran íntimamente en los siguientes campos:

Invencción, manufactura y perfeccionamiento de dispositivos para la reparación o compensación de partes del cuerpo humano que sufren alteraciones debido a enfermedades o accidentes.

Desarrollo y manufactura de nuevos instrumentos de medición para el uso médico, quirúrgico y de investigación.

Adaptación de computadoras para el servicio de un amplio rango de requerimientos especializados en los servicios de salud e investigación médica.

Aplicación de métodos y conceptos precisos utilizados 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 condiciones óptimas.

#### 1.4 APLICACION DE LA INGENIERIA MECANICA Y BIOMEDICA AL APARATO DE MICROCIRUGIA OCULAR

En nuestras primeras investigaciones hemos recopilado la siguiente información.

Los problemas de los ojos se presentan en función del número de la población, una idea del número de operaciones que se practica mensualmente en las clínicas del IMSS, ISSSTE, HOSPITAL DE LA LUZ, HOSPITAL DE PEMEX, y demás grandes instituciones, así como algunas clínicas particulares, es de 450 operaciones en total en dicho periodo únicamente en el Distrito Federal, de los cuales el 15% proviene de provincia.

Si suponemos que la probabilidad de requerir una vitrectomía está normalmente distribuida en México, y que tomando como muestra al D.F., ésta será representativa, entonces las 450 operaciones serían  $450/1.15 = 391$  operaciones/15 millones de habitantes; obteniendo la proporción respecto a la república, tendremos 1829 operaciones realizables al mes, lo que significa que aproximadamente el 25% de las operaciones que deberían ser realizadas, son en efecto, practicadas.

Las limitantes que tiene el médico particular, son principalmente económicas, además de insuficiente divulgación sobre el aparato, ya que en la jerga del ramo no es común hablar de un ocuto mo comercial.

Al disponer de un aparato sumamente económico, alcanzaremos las siguientes metas :

1- Una mayor divulgación de ésta técnica entre los especialistas

2- Un mayor número de operaciones realizadas a menor costo para el médico y, por ende, para el paciente.

Para obtener una mayor comprensión de la relación existente entre la ingeniería biomédica y la mecánica eléctrica e industrial, presentamos a continuación una breve descripción de la operación de microcirugía ocular en la cual es utilizado el dispositivo en cuestión.

EL APARATO LLAMADO OCUTOMO, ES UN DISPOSITIVO CUYA FINALIDAD ES LA DE EXTRAER DEL INTERIOR DEL OJO, TEJIDO DAÑADO, INFECTADO O CONTAMINADO. EL PROCEDIMIENTO GENERAL SE LLAMA VITRECTOMIA VIA PARS PLANA.

DADAS LAS CONDICIONES FISICAS DEL OJO, ES NECESARIO CORTAR EL TEJIDO DEL MISMO, Y POSTERIORMENTE EXTRAERLO. LA ESTRUCTURA DE LOS TEJIDOS FIBROSOS HACE NECESARIO ESTE PROCESO DE EXTRACCION.

CON ESTA LLAMADA VITRECTOMIA, ES POSIBLE ATENDER LOS DAÑOS CREADOS POR ALGUN ACCIDENTE O ENFERMEDAD QUE REQUIERA LA EXTRACCION DE TEJIDO DEL GLOBO OCULAR.

EL OCUTOMO CONSISTE BASICAMENTE EN UNA AGUJA DE CORTE Y EXTRACCION, LA CUAL SE INTRODUCE EN EL INTERIOR DEL OJO, DE TAL MANERA QUE SEA CAPAZ DE REMOVER EL TEJIDO QUE ES NECESARIO EXTRAER.

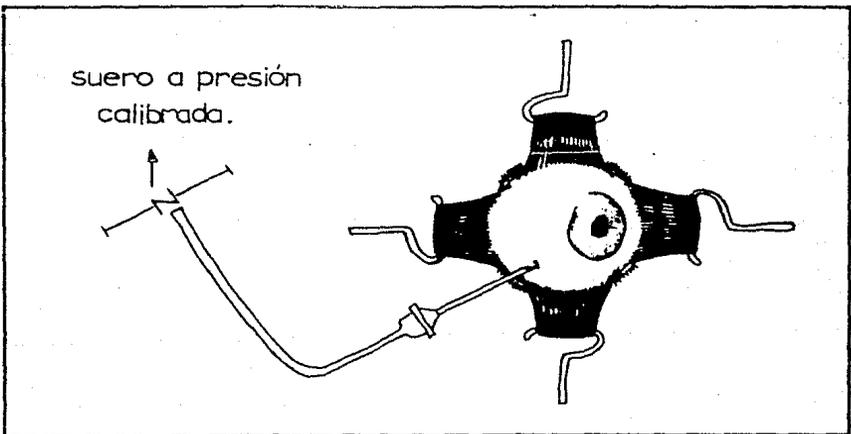
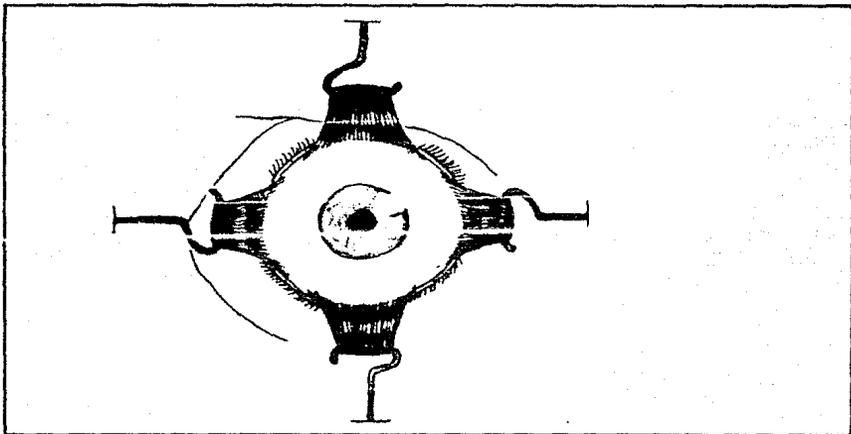
EN UNA OPERACION CONVENCIONAL, SE IGUALA LA PRESION OCULAR CON UNA AGUJA ESPECIALMENTE CALIBRADA EN SU DIAMETRO, CONECTADA A UNA COLUMNA DE SUERO, CON ALTURA VARIABLE PARA ASI COMPENSAR LA PRESION INTERNA A LAS NECESIDADES DEL MEDICO.

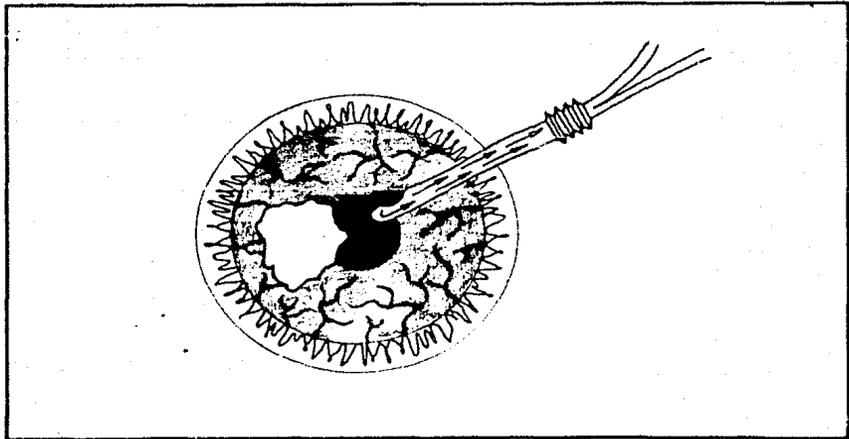
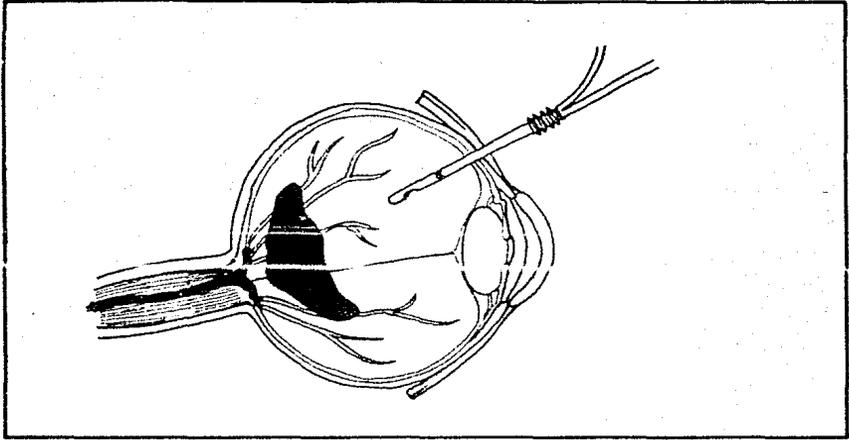
POSTERIORMENTE SE REALIZA UN CORTE CALIBRADO EN EL OJO EN EL CUAL SE INTRODUCIRA LA AGUJA DE VITRECTOMIA, ASI COMO LOS INSTRUMENTOS REQUERIDOS DURANTE LA OPERACION, DISPOSITIVOS DEL TIPO FRAGMENTOMO, MICROCAUTERIO, AGUJAS PARA INTRODUCIR MEDICAMENTOS, ETC...

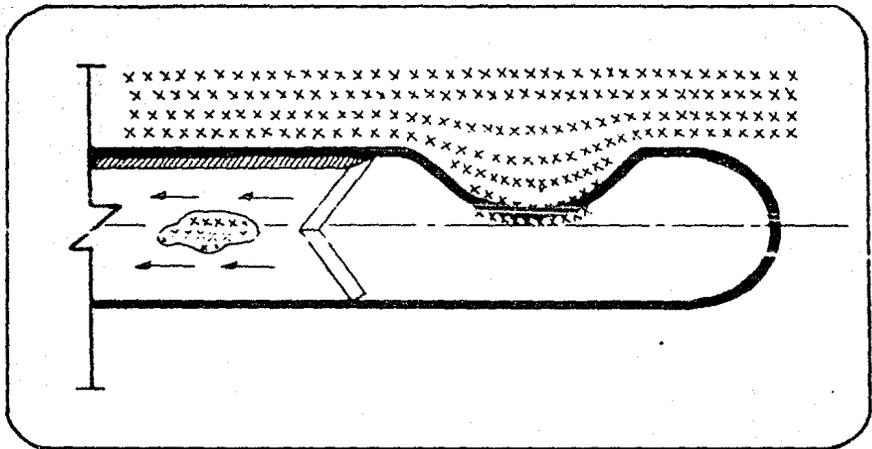
UNA VEZ REALIZADA LA OPERACION, SE SUTURAN LAS INCISIONES Y FINALMENTE SE LIBERA A LOS MUSCULOS DE LOS OJOS, DEL BLOQUEO DURANTE LA OPERACION, SE ASEPTIZAN LOS OJOS DEL PACIENTE Y SE VENDAN.

Creemos que ésta descripción presenta un claro panorama de las necesidades que la ciencia médica tiene de dispositivos y sistemas que nosotros los ingenieros mecánicos eléctricos podemos y debemos diseñar.

A continuación presentamos una secuencia gráfica de los pasos seguidos durante la operación en la que se utiliza el Ocutomo.







## DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

### FIGURA 1

Se inmoviliza el globo ocular mediante la sujeción de los músculos recto superior, recto inferior, recto interno y recto externo.

### FIGURA 2

Se realiza una incisión calibrada en la que se introduce una cánula de 1mm de diámetro para el suministro de suero a la presión igual a la interna del ojo.

### FIGURA 3

Se practica una incisión dirigida a la zona afectada del globo ocular, y se introduce la aguja del ocutomo.

Se inicia la operación de microcortes, extrayendo tejido de dicha zona.

### FIGURA 4

Detalle de la penetración de la aguja en el globo ocular, con dirección al tejido dañado.

### FIGURA 5

Detalle de un corte longitudinal de la aguja efectuando un corte.

## CAPITULO 2

### DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

#### Antecedentes

Siendo nuestro objetivo la realización de un ocutomo económico, hemos recurrido a la mayor información disponible en torno a este aparato, de tal manera que conociéramos a fondo la manera en que éste funciona.

El Dr. Alfonso Villaseñor Shwartz; eminente oftalmólogo, quien con un grupo de colegas fue quien introdujo en el país las nuevas técnicas de microcirugía ocular; nos invitó a presenciar una operación en la cual era necesario utilizar el ocutomo. A continuación describiremos brevemente la función del aparato, así como el desarrollo de dicha operación.

La operación constaba en remover del fondo del ojo, el tejido dañado; a causa de las hemorragias internas en que se presentaban en el ojo de la paciente, quien sufría las consecuencias de una aguda diabetes; de tal manera que éste tejido era de color oscuro, y le impedía la visión.

Dadas las condiciones particulares de la paciente, se le aplicó anestesia local. La operación comenzó cubriéndole con gasas esterilizadas la cara, dejando únicamente

visible el ojo que iba a ser operado. Con un bisturí se realizó una incisión en la conjuntiva, para descubrir los músculos que mueven el ojo, y sujetarlos con hilos en tensión, inmovilizando al globo ocular.

El siguiente paso fue realizar dos incisiones calibradas, en las cuales se iba a introducir, por una parte suero para igualar la presión interior del ojo con la presión del suero, la aguja debe estar también calibrada para que exista un efecto de sellado contra las paredes del ojo. Por la otra incisión se introducen los instrumentos propios de la operación.

En el desarrollo de la operación se procedió a remover con el ocutomo el tejido dañado, cuidando de no tocar la retina, para finalizar aplicando el microcauterio (instrumento para cauterizar las hemorragias en los vasos del ojo), a las zonas sangrantes del exterior de la retina. Para finalmente coser las incisiones, desinfectar el ojo y vendarlo.

En el ocutomo Marca Berkeley Biomedics tenemos dos agujas huecas concéntricas, con un barreno lateral, por el cual entra a ser cortado una porción de tejido fibroso. La aguja interior tiene un filo en forma de 'V' invertida en la punta, de tal manera que entre ella y el ojal lateral se realiza el corte, al moverse alternativamente la aguja interior, la cual está conectada a un sistema de vacío, por el cual se extrae el tejido

cortado, y éste tejido pasa a un depósito en el cual se almacenan los desechos de la operación.

El accionamiento de la aguja se realiza por medio de un fuelle neumático, el cual recibe una sollicitación de presión-vacío por cada ciclo de corte. El sistema de vacío es independiente de éste circuito de excitación de la aguja.

Por otra parte, el cirujano acciona a la aguja por medio de dos pedales de control, uno tiene como función unicamente abrir el circuito de succión, y el otro la de accionar el corte propiamente. Para esto, existe una válvula de solenoide dedicada a bloquear el sistema de vacío conectado a la aguja de extracción de tejido (interior), que se sincroniza en operación con el corte. Es decir que en el momento en que se acciona el corte, un actuador electromagnético deja de oprimir una manguera, para que se inicie la función de succión.

Desde el punto de vista de controles, antes de realizar la operación es necesario ajustar la presión y vacío de trabajo, así como la velocidad de corte. Es necesario aclarar que la confiabilidad del aparato debe de ser alta, pues de lo contrario sería imposible aplicarlo en operaciones de éste tipo en que una falla significará un mayor riesgo para el paciente y pudiendo llegar a comprometer el éxito de la operación.

## BASES DE DISEÑO

Basándonos en las funciones exteriores del instrumento, es decir, la actuación de la aguja de corte, sistemas auxiliares de control, así como información recabada diversos catalogos relacionados con este tipo de instrumentos; consideramos que el diseño original debería basarse en un sistema electrónico para actuar la válvula, que tuviera la capacidad de variar de acuerdo a las necesidades de velocidad de corte en la operación, así como adaptarse a las características de diversos tipos de agujas.

El sistema electrónico debe controlar a un sistema regulado de presión-vacío, cuyas lecturas deben ser mostradas en el exterior del aparato, para poder ser variadas por el médico de acuerdo a sus necesidades.

### RESTRICCIONES

- 1-Integración nacional en el mayor grado posible
- 2-Bajo costo de fabricación
- 3-Absoluta confiabilidad, dado que una falla es inadmisibile, como se explicó anteriormente.
- 4-Lecturas de instrumentos de control, mandos e indicaciones generales de fácil interpretación. Dado que el médico podrá ser auxiliado por personal de poca especialización.

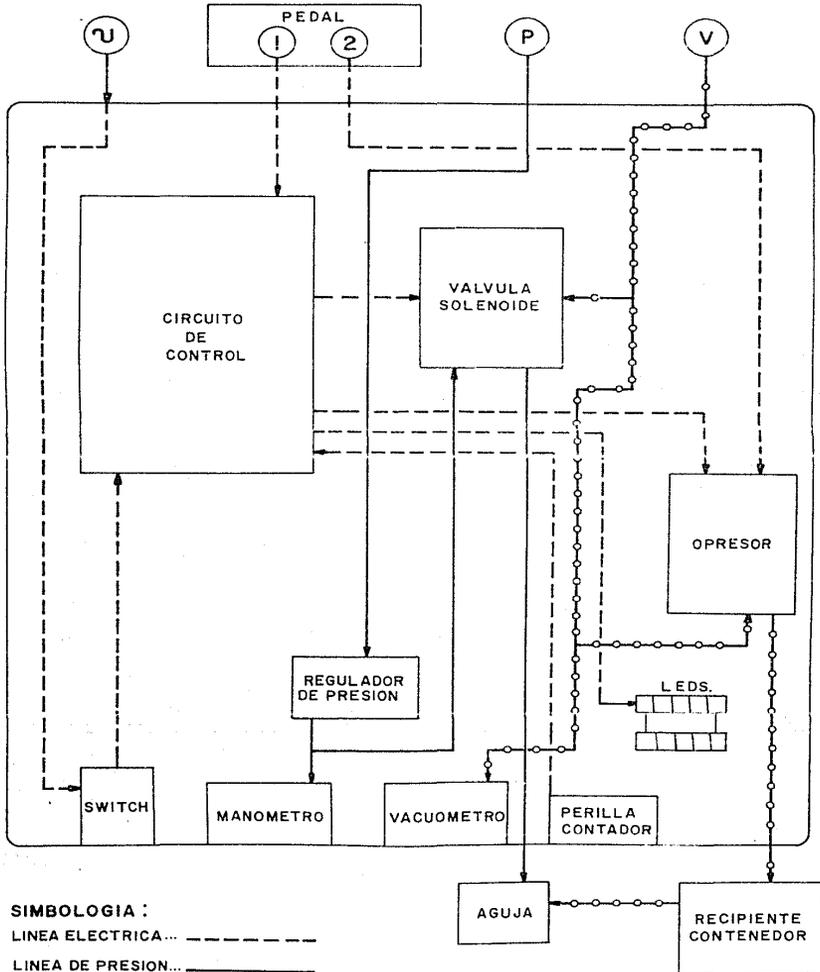
5-El control de inicio y paro de cortes y succión deberá ser por medio de un pedal accionado por el médico, dejándole las manos libres para sujetar los instrumentos.

6-Para retirar la aguja del interior del ojo, es indispensable que ésta se encuentre en posición abierta, es decir, que si se queda cerrada por alguna razón, y es retirada en posición de corte, dadas las características del tejido fibroso del globo, es posible causar un grave desgarramiento del mismo.

7-El instrumento debe ser portátil para cambiarlo de lugar dentro de un hospital o bien consultorio médico. Desconectando únicamente las líneas de suministro de presión y vacío de las cuales consideramos se encuentran disponibles en donde se instale el aparato.

8-La tableta de control, debe ser fácilmente reemplazable en caso de falla.

# DISTRIBUCION DEL APARATO



DISTRIBUCION DEL APARATO ARRE-  
 GLO GRAL. VISTA DE PLANTA  
 PROYECTO: OCUTOMO  
 ESQUEMA N°

## 2.1 SISTEMA NEUMÁTICO

El primer paso en nuestro proceso de diseño, es el conocimiento de las funciones básicas que nuestro dispositivo va a desarrollar mediante el sistema neumático. En éste caso nuestros requerimientos son los siguientes, y se consideraran como las bases fundamentales de diseño, en lo que respecta al sistema neumático.

- 1- Al accionar el cirujano el pedal de arranque, se producirá una sollicitación alternante de presión-vacío, de frecuencia seleccionada de 60 a 500 ciclos por minuto (1 a 8 ciclos por segundo). Simultaneamente se iniciará una operación de succión constante, de tal manera que el sistema de vacío sea capaz de succionar un máximo de 4 ml por minuto.
- 2- Al accionar el segundo pedal, se presentará el vacío en la aguja de succión pero no habrán ciclos de corte.
- 3- La presión en los cortes deberá ser regulable, al igual que el vacío del sistema.

Entre los sistemas más confiables para alternar presión y vacío, con una velocidad de respuesta relativamente alta, tenemos a las válvulas solenoides de tres vías, y poca masa en las partes móviles. Con un tiempo de respuesta hasta de 15 ciclos por segundo, lo cual cumple con nuestros requerimientos, desde el punto de vista de tiempo. Por

tanto se instalará una válvula de éste tipo para controlar el movimiento de la aguja con los ciclos presión-vacío, con un mando electrónico que genere adecuadamente la función deseada. La válvula se conecta a dos sistemas confiables de presión y vacío, de tal manera que se garantice la continuidad en los cortes y succión.

En la figura que representa al circuito neumático tenemos que la manguera excitadora de la aguja de corte, se conecta a la salida presión-vacío de la válvula. En la aguja de succión tenemos otra manguera que se conecta a una válvula de mando, en la cual accionamos la etapa de succión, después de ésta válvula, llegamos al recipiente colector de tejido para posteriormente salir a la fuente de vacío.

Para la regulación de la presión se utilizaran reguladores de tipo comercial. La medición de la presión o el vacío, se realizará mediante manómetros conectados directamente a cada línea.

Generalmente en los hospitales se cuenta con un sistema de vacío regulable, que funciona por medio de un tubo venturi en el cual se hace pasar aire comprimido controlado por una válvula, de tal manera que la regulación es completa.

Los indicadores de presión y vacío tendrán las siguientes características, de acuerdo con los datos de operación requeridos:

Presión máxima de operación 1.5Kg/cm<sup>2</sup>

Vacío 15 mmHg



## SISTEMA DE CONTROL

Básicamente podemos concebir este control, como un generador de onda cuadrada de frecuencia variable, cuya salida estará conectada a una etapa de potencia, la cual proporcionará los parámetros requeridos por la válvula, es decir, 12 V CD, y 7 W de potencia.

La alimentación del sistema, proviene de la línea de 127 VAC 60 Hz, la cual estará conectada a un transformador y un circuito rectificador de onda completa, para proporcionar al sistema una alimentación de 12 y 5 VCD. Como se ilustra en la figura siguiente.

DONDE:

C<sub>1</sub> : 10 MICROFARADIOS (25 V)

C<sub>2</sub> : 470 MICROFARADIOS (25 V)

C<sub>3</sub> : 100 MICROFARADIOS (40 V)

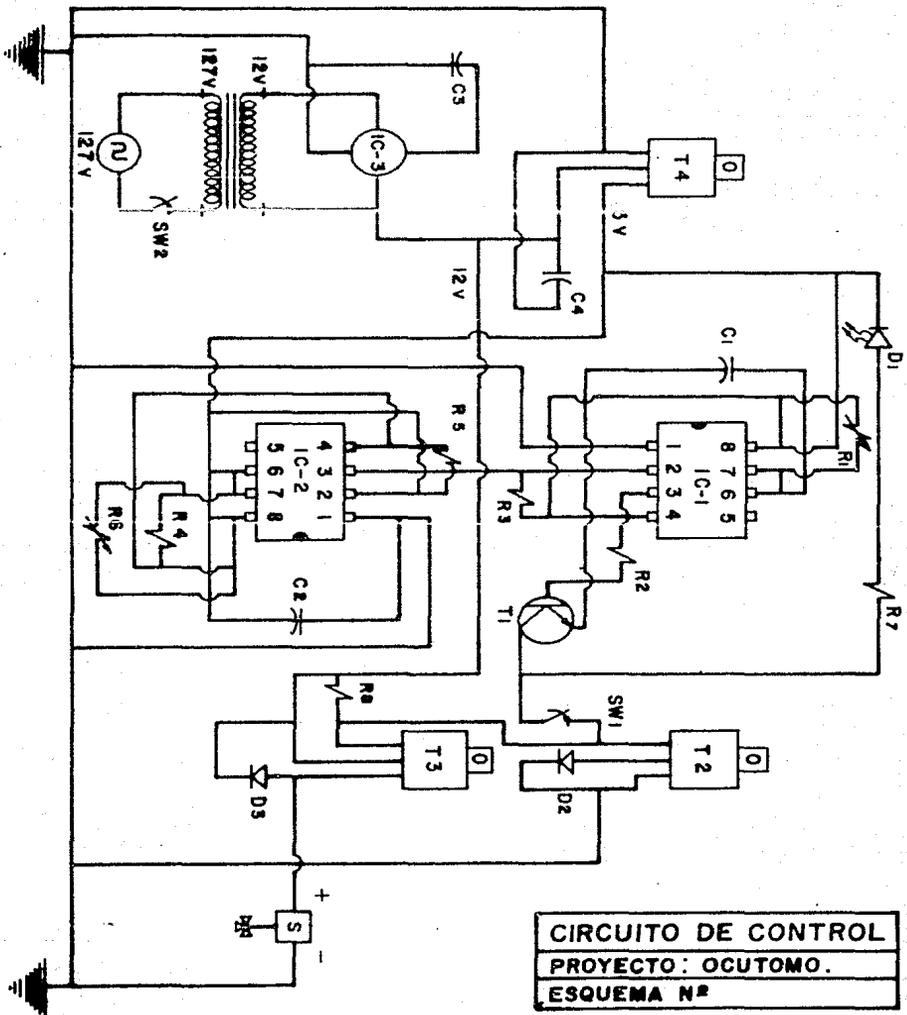
C<sub>4</sub> : 220 MICROFARADIOS (25 V)

R<sub>1</sub> : VARIABLE 0-10 KOHM

R<sub>2</sub> : 15 KOHM

R<sub>3</sub> : 47 KOHM

R<sub>4</sub> : 5.6 KOHM



**CIRCUITO DE CONTROL**  
**PROYECTO: OCUTOMO.**  
**ESQUEMA N°**

R<sub>5</sub> : 47 KOHM  
R<sub>4</sub> : VARIABLE DE 0-10 KOHM  
R<sub>7</sub> : 220 KOHM  
R<sub>8</sub> : 1 KOHM  
T<sub>1</sub> : TRANSISTOR BC-109  
T<sub>2</sub> : TRANSISTOR TIP-127x8527  
T<sub>3</sub> : TRANSISTOR TIP-127x8527  
T<sub>4</sub> : TRANSISTOR LN-7805  
D<sub>1</sub> : LED  
D<sub>2</sub> : DIODO RECTIFICADOR 1N-4006  
D<sub>3</sub> : DIODO RECTIFICADOR 1N-4006  
IC<sub>1</sub> : MONOSTABLE NE-555 P  
IC<sub>2</sub> : MONOSTABLE NE-555 P  
IC<sub>3</sub> : 880-C-1500  
SW<sub>1</sub> : INTERRUPTOR PEDAL  
SW<sub>2</sub> : INTERRUPTOR DE ENCENDIDO GENERAL

Para accionar el circuito lógico, es necesario tener un transformador de 127 a 15 V, y 800 mA, además de un rectificador, ellos se encargarán de alimentar a los circuitos lógicos, monoestables y etapa de potencia.

De acuerdo a las pruebas realizadas en la válvula solenoide, se obtuvo la potencia real requerida para su accionamiento, siendo ésta de 9W, potencia que nos sirve de base para la selección del transistor adecuado para su funcionamiento. Requerimos que la válvula se accione con una frecuencia variable de 60-500 ciclos por minuto, para lo cual se seleccionó un arreglo de dos monoestables 555 que se comportan como un interruptor de retardo controlado por la constante de tiempo asociada a un circuito RC, acoplado a sus terminales. La constante de tiempo se modifica mediante una resistencia variable obteniendo entonces una onda cuadrada de frecuencia variable, que mediante una resistencia variable modifica la frecuencia de accionamiento de acuerdo a los requerimientos. Una vez obtenida ésta señal, se amplifica mediante un transistor para obtener una señal de la potencia necesaria para accionar la válvula. El circuito de control y la etapa de potencia se acoplan mediante un interruptor accionado desde el pedal de control.

Se implementó un circuito impreso conteniendo a los componentes antes mencionados, con la finalidad de poder intercambiar dicho circuito en caso de falla, garantizando así la continuidad de la operación.

Esto incrementa la confiabilidad real del ocutomo y facilita el ensamble y pruebas individuales del sistema de control.

Es necesario aclarar que el dispositivo de control difícilmente fallará en condiciones normales, pero en caso de que ésto ocurra será fácilmente sustituible por una tableta auxiliar que será suministrada con el aparato.

Los interruptores generales del aparato seran de alta calidad y con luz piloto. Los indicadores luminosos, y demás dispositivos secundarios estarán formando parte de un circuito independiente, protegido por medio de fusibles, de tal manera de que en caso de un corto circuito en ellos, no se alterará en lo absoluto el funcionamiento básico.

## DISEÑO DEL GABINETE

Es fundamental partir de un gabinete adecuado que permita realizar al aparato la totalidad de sus funciones operativas, incluyendo sus atributos estéticos, dado que es importante en cualquier caso dar una apariencia aceptable. Tenemos como opciones para la construcción del gabinete a los materiales siguientes:

acero inoxidable en sus modalidades 316 o 304

fibra de vidrio con pintura epóxica

plástico termoformado

madera recubierta con pinturas epóxicas de 35 % de sólidos

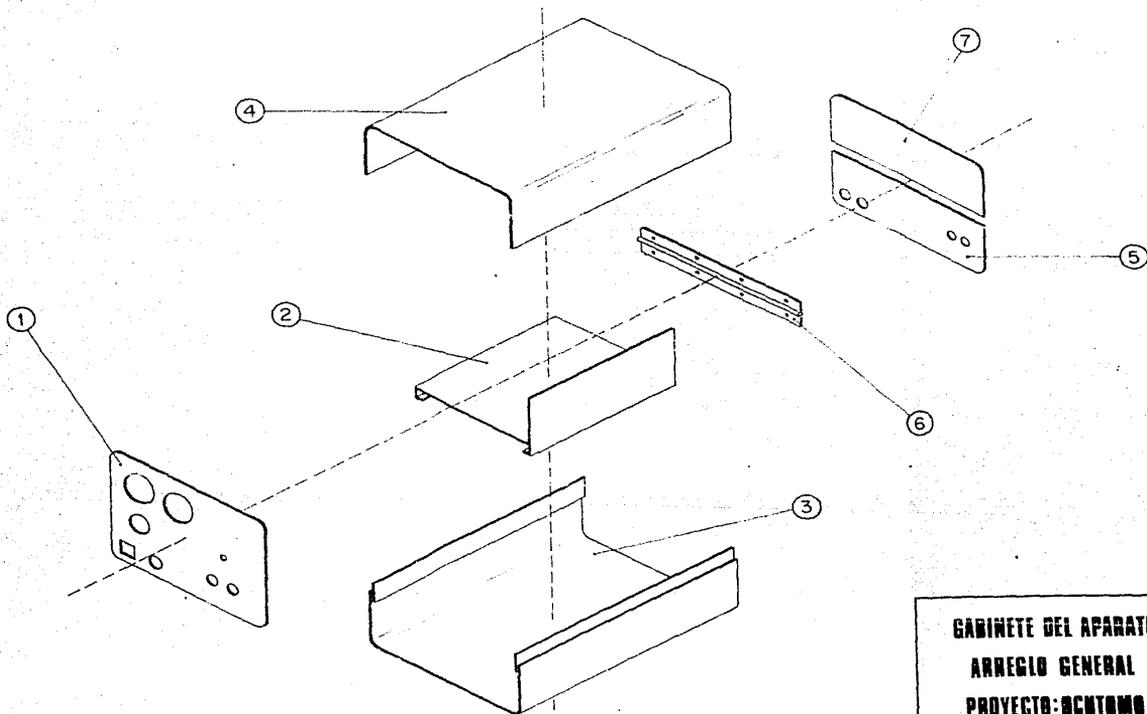
lámina de fierro negro cromada o con resinas anticorrosivas

lámina de fibra de vidrio con guías de aluminio

En éste caso se eligió la alternativa de construir el gabinete con lámina negra recubierta de resinas anticorrosivas dado su fácil acceso en el mercado nacional, bajo costo (indicado en el estudio de mercado), y que satisface todos los requerimientos.

Los pedales de acuerdo a las modalidades anteriormente especificadas, manejarán corrientes sumamente pequeñas, y únicamente serán parte del sistema de información del control, el material que se propone para su construcción es bronce fundido con acabado

mate y pisos de neopreno. Los conductores serán de calibre 18, e irán protegidos por una cubierta de hule blando resistente al envejecimiento.



**GABINETE DEL APARATO  
ARREGLO GENERAL  
PROYECTO: SCUTOMO**

## LISTA DE PARTES Y ESPECIFICACIONES

### Indice de abreviaciones :

- F.E. = Fabricación Especial
- M.C. = Maquinado Complementario
- R.A. = Aplicación de Recubrimiento Anticorrosivo
- IMP. = Artículo de Importación
- EST. = Artículo Previamente Esterilizado
- N.P. = Número de piezas por aparato

### 10-N1 MANOMETRO

Diámetro exterior 39 mm  
Presión de trabajo 0-2.25Kg/cm<sup>2</sup>  
Tipo : Bourdon  
Marca : WIKA  
Conexión trasera de 3/8"  
N.P.1

### 10-N2 VACUOMETRO F.E.

Diámetro exterior 39mm  
Rango de trabajo -1 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>  
Tipo : Bourdon  
Conexión inferior de 3/8"  
N.P.1

### 10-N3 ARILLOS DE MONTAJE EXTERNOS F.E.

Material latón aleación 360  
Diámetro exterior 45 mm  
Diámetro interior 39 mm H7  
Espesor 3 mm  
Angulo del perfil 45°  
N.P.2

10-N5 OPRESOR F.E.

Material Latón aleación 360

Diámetro 28 mm

Espesor base 3 mm

Espesor media luna 6 mm

Diámetro Barreno 3.17 mm

N.P.1

10-N6 CONTRA DE OPRESOR F.E.

Material latón aleación 360

Diámetro 28 mm

Espesor base 6 mm

Espesor media luna 3 mm

Diámetro barreno 3.17 mm

N.P.1

10-N7 TORNILLO FIJACION OPRESOR

Diámetro 3.17 mm

Longitud 12 mm

Tipo : de cabeza plana

Material acero galvanizado

N.P.2

10-N8 VASTAGO DE OPRESOR F.E.

Material latón aleación 360

Diámetro 3.5 mm

Longitud 95 mm

Espigas estandar de 3.5 mm  
en ambas puntas

N.P.1

10-N9 REGULADOR DE PRESION

Marca : NORGREN  
Modelo : RD4-30  
Presión Máxima entrada 28Kg/cm<sup>2</sup>  
Salida 0-7 Kg/cm<sup>2</sup>  
Temperatura de trabajo : 0-65 °C  
N.P.1

10-N10 ESPIGA FRONTAL PARA  
CONEXION DE AGUJA

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num. Cat. N-45-PK-3  
Material latón 360  
Conicidad maquinada especialmente  
N.P.1

10-N11 ESPIGA FRONTAL DE SUCCION

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num. Cat. N-45-PK-3  
Material latón 360  
Conicidad maquinada especialmente  
N.P.2

10-N12 PASAMUROS

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num. Cat. SCK-3 MCK-PK-4  
N.P.4

10-N13 REDUCCION RECTA  
MACHO-HEMBRA

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num. cat. D-1/8i-1/4a  
N.P.4

10-N14 CONEXION ORIENTABLE TIPO L

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. LCK-1/8-PK-3

N.P.8

10-N15 CODO DE UNION PARA MANGUERA 3mm

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. L-PK-3

N.P.6

10-N16 UNION T

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. T-PK-3

N.P.3

10-N17 REGLETAS DE SUJECION MULTIPLE  
PARA MANGUERA DE 3mm

N.P.2

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. KK-3

con remaches DIN 1477

10-N18 PERFIL DE SUJECION PARA  
DISTRIBUIDORES NEUMATICOS

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. NRC-32-480

N.P.1

10-N19 DISTRIBUIDORES NEUMATICOS  
PARA MANGUERA DE 3mm

Marca : FESTO PNEUMATIC

Num. cat. LT-2-PK-3-DA

N.P.3

10-N20 CONEXIONES RECTAS PARA  
VALVULA SOLENOIDE

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num.cat. N-M5-PK-3  
N.P.2

10-N21 EMPAQUE JUNTA DE NYLON

Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num.cat. 0-1/2  
N.P.40

10-N22 MANGUERA DE POLIETILENO 3mm

Diámetro interior 3mm  
Marca : FESTO PNEUMATIC  
Num.cat. PK-3  
N.P.2a

GABINETE

11-61 PLACA FRONTAL F.E.

Material : lámina de aluminio  
Ancho 201 mm  
Altura 150 mm  
Espesor 2 mm  
Radios 15 mm  
Ver dibujo de referencia  
N.P.1

11-62 PLACAS TRASERAS F.E.

Material : lámina de aluminio  
Ancho : 201 mm  
Altura 72 mm  
Espesor 2 mm  
Radios 15 mm  
Ver dibujo de referencia  
N.P.2

11-63 BISAGRA DE ARTICULACION  
PLACAS TRASERAS

Material : lámina de acero  
tropicalizada  
Longitud 201 mm  
Altura 25.4 mm  
N.P.1

11-64 TORNILLERIA DE BISAGRAS

Material : acero galvanizado  
Diámetro 1/8"  
Longitud 8 mm  
Tipo : Cabeza plana cuerda estandar  
N.P.6

11-65 TORNILLERIA DE SUJECION  
GENERAL

Material : Acero pavonado  
Diámetro 3/16"  
Longitud 9.5mm  
Tipo : ALLEN  
N.P.27

11-66 POSTES PARA TABLETA  
DE CIRCUITO IMPRESO F.E.

Material : Latón aleacion 360  
Diámetro 10mm  
Longitud 40mm  
Con barrenos machucados de 3/16" en  
los extremos  
N.P.4

11-67 PLACA SOPORTE INFERIOR  
DEL GABINETE F.E.

Material : lámina negra cal. 20  
Ancho 180 mm  
Longitud 210 mm  
Altura 10mm  
Recubrimiento anticorrosivo  
Ver dibujo de referencia  
N.P.1

11-68 SOPORTE LATERAL DEL GABINETE  
F.E.

Material : lámina negra cal. 20  
Ancho 70 mm  
Longitud 210 mm  
Recubrimiento anticorrosivo  
Ver dibujo de referencia  
N.P.1

11-69 REMACHES

Material : Aluminio  
Tipo : tubular estándar de 1/8"  
N.P.4

11-610 ANGULOS SOPORTE F.E.

Material : lámina negra cal. 20  
Angulo de 90° 10x10x60 mm  
Recubrimiento anticorrosivo  
N.P.16

11-611 TAPA INFERIOR F.E.

Material : lámina negra cal. 20  
Ver plano de referencia  
N.P.1

11-612 TAPA SUPERIOR F.E.

Material : lámina negra cal. 20  
Ver plano de referencia  
N.P.1

11-613 GUIAS F.E.

Material : lámina negra cal. 22  
Ver plano de referencia  
N.P.2

11-614 SOPORTE DE RECIPIENTE F.E.

Material : Lámina de acero inox. 304  
de 1.5 mm espesor  
Ver plano de referencia  
N.P.1

11-615 TORNILLOS DE APOYO

Material : acero galvanizado de 1/8"  
Longitud 25 mm  
Cuerda estándar  
N.P.4

11-616 GOMAS DE APOYO

Material : neopreno  
Diámetro 15mm  
Altura 7.5 mm  
Tipo : media esfera con refuerzo  
interior de acero

N.P.4

11-617 PERILLA DE CONTROL DE VELOCIDAD  
F.E.

Material : latón aleación 360  
Diámetro 21 mm  
Longitud 25 mm  
Con barreno interior de 6.5mm  
y barreno para prisionero de 1/8"  
N.P.1

11-618 PRISIONERO DE PERILLA

Material : acero pavonado  
Tipo estandar de 1/8 x 3/16"  
N.P.1

SISTEMA ELECTRICO

12-E1 TABLETA DE CIRCUITO IMPRESO F.E.

Material : Resina fenólica,  
cobrizada, impresa por  
fotoserigrafía  
Dimensiones : 1.5x70x115 mm  
N.P.1

12-E2 TRANSFORMADOR

Comercial, monofásico 127-15VAC  
Potencia 30 W  
N.P.1

12-E3 REGULADOR DE VOLTAJE

IC Texas Instruments LN7805  
N.P.1

12-E4 CAPACITOR

Comercial 10microfarads a 25 V  
N.P.1

12-E5 PUENTE RECTIFICADOR

B80-C1500  
N.P.1

12-E6 CAPACITOR

Comercial 470 microfarad a 25V  
N.P.1

12-E7 DIODO LUZ ELECTRICO

Voltaje máximo 6V  
N.P.2

12-E8 CONECTOR 2 PATAS

Tipo : estandar  
Material : Plástico Inyectado  
con insertos de acero  
Marca : Conector Corporation  
N.P.2

12-E9 CONECTOR 6 PATAS

Material : Plástico Inyectado  
con insertos de acero  
Marca : Conector Corporation  
N.P.1

12-E10 CONECTOR 4 PATAS

Material : Plástico Inyectado  
con insertos de acero  
Marca : Conector Corporation  
N.P.1

12-E11 CAPACITOR

Comercial 100 microfarads a 40V  
N.P.1

12-E12 MONOESTABLE

Marca Texas Instruments  
NE-555P o equivalente  
N.P.2

12-E13 RESISTENCIA

Comercial 15 Kohm  
N.P.1

12-E14 RESISTENCIA

Comercial 5.6 Kohm  
N.P.1

12-E15 RESISTENCIA

Comercial 47 Kohm  
N.P.1

12-E16 RESISTENCIA

Comercial 220 Kohm  
N.P.1

12-E17 RESISTENCIA

Comercial 1 Kohm  
N.P.1

12-E18 RESISTENCIA

Comercial 47 Kohm  
N.P.1

12-E19 RESISTENCIA VARIABLE

Comercial 0-10 Kohm  
N.P.1

12-E20 RESISTENCIA VARIABLE

Tipo Preset 0-10 Kohm  
N.P.1

12-E21 BASE PARA CHIP

Soporte para chip de 8 patas  
Tipo comercial  
N.P.2

12-E22 CAPACITOR

Comercial 220 microfarads a 25 V  
N.P.1

12-E23 TRANSISTOR

Comercial BC-109 o equivalente  
N.P. 1

12-E24 ENCLAVE PARA TARJETA DE  
CIRCUITO IMPRESO

Tipo : Comercial de 18 Patas tipo  
N.P.1

12-E25 PASAMUROS PARA  
CABLES DE CONEXION

Tipo : Comercial  
Material : Neopreno  
N.P.2

12-E26 TRANSISTOR DE POTENCIA

Comercial TIP-127 o equivalente  
N.P.2

12-E27 DIODO RECTIFICADOR

Comercial IN4006 o equivalente  
N.P.2

12-E28 VALVULA SOLENOIDE

Tipo : tres vias, dos posiciones  
Presión máxima de operación.

200 Psi

Potencia : 7W

Voltaje de operación : 12V

Marca : Skinner Electric

N.P.1

12-E29 CONECTORES VALVULA

Terminales de latón aleac.2600

Tipo : estandar

N.P.2

12-E30 BOBINA ACTUADORA

Bobina con vástago móvil

Voltaje de operación 127 V

Material : Embobinados de cobre  
Núcleos de láminas de  
acero al silicio

N.P.1

12-E31 INTERRUPTOR GENERAL

Corriente máxima 4A

Voltaje máximo 250VAC

Material : Policarbonato

Accesorios : Luz piloto

Foco ORBITEC F-T45

Marca : RAFI

N.P.1

12-E32 RESORTE DE ACTUADOR

Material : Acero inoxidable 304

Ver dibujo de detalle

N.P.1

12-E33 RESISTENCIA

Tipo Comercial 560 ohm 3W

N.P.1

12-E34 CAPACITOR

Comercial 470 microfarads 250 V  
N.P.1

12-E35 MONTAJE DE RELEVADOR

Base de relevador 20x40 mm  
15 Patas  
Marca SCHRACK  
N.P.1

12-E36 RELEVADOR

Voltaje de excitación 127VAC  
Potencia máxima: 500W  
4 circuitos independientes  
N.abierto y N.cerrado  
Marca : SCHRACK  
N.P.1

12-E37 CONECTOR 2 PATAS

Tipo comercial  
Material plastico inyectado  
N.P.1

12-E38 CABLE DE ALIMENTACION

Tipo : cable de control 2x16  
Perfil redondo  
Marca : INVISA  
Longitud 3m  
N.P.1

12-E39 CLAVIJA DE ALIMENTACION

Comercial 2 hilos

Marca : IBSA

127 V 10 A

N.P.1

12-E40 CONECTOR DE CIRC. DE POTENCIA  
DE DOS PATAS

Comercial

Marca : Conector Corporation

N.P.1

12-E41 CABLE DE PEDAL

Cable de control de 3x18

Perfil redondo

Marca : INVISA

Longitud 3m

N.P.1

12-E42 CONECTORES DE ENTRADA PEDAL

Comercial 2 hilos

Marca : Conector Corporation

N.P.2

PEDAL DE CONTROL

13-P1 CUERPO DEL PEDAL F.E.

Material : Bronce Fundido

Proceso : Moldeo en arena  
y maquinado final

Ver plano de referencia

N.P.1

13-P2 TAPA INFERIOR DEL PEDAL F.E.

Material : Lámina de Latón  
Aleación 2600  
Espesor 1.5mm  
Ver plano de referencia  
N.P.1

13-P3 TORNILLOS DE SUJECION TAPA

Material : Acero Galvanizado  
Diámetro : 3/16"  
Longitud : 5mm  
Tipo : Cabeza plana  
N.P.6

13-P4 SOPORTE DE MICROSWITCH F.E.

Material : Angulo de fierro negro  
espesor 0.7mm  
Dimensiones : 85x4x4mm  
N.P.1

13-P5 MICROSWITCH

Marca : MICRO  
Num. Cat. 111-5M  
Dimensiones : 20x6x9mm  
Corriente Máxima 6A 250V AC  
N.P.2

13-P6 CONECTORES MICROSWITCH

Marca : Conector Corp. S.A.  
Tipo : Comercial de dos patas  
N.P.2

13-P7 TORNILLOS MICROSWITCH

Material : Fierro Niquelado

Diámetro : 1/8"

Longitud : 20mm

Tipo : Cabeza de gota

N.P.4

13-P8 TUERCAS MICROSWITCHES

Tipo : Hexagonal 1/8"

N.P.4

13-P9 RESORTE F.E.

Material : Acero Inoxidable 316

Diámetro del alambre : 0.9mm

Angulo de la hélice : 45°

Diámetro : 13mm

Longitud : 25mm

N.P.2

13-P10 PLACAS ACTUADORAS F.E.

Material : Latón aleación 2600

Dimensiones : 18x33x1mm

N.P.2

13-P11 VASTAGO ACTUADOR F.E.

Material : Latón aleación 360

Diámetro exterior : 7mm

Diámetro interior : 4mm

Longitud : 14mm

N.P.2

13-P12 BOTONES DEL PEDAL F.E.

Material : Latón aleación 360  
Diámetro : 19mm  
Altura 12mm  
Con machuelado de 3/16"  
N.P.2

13-P13 PRISIONEROS

Material : Acero pavonado  
Diámetro : 3/16"  
Longitud : 3/8"  
Cuerda estándar  
N.P.2

13-P14 EMPAQUE F.E.

Material : neopreno  
Espesor : 1/8"  
N.P.1

13-P15 PASAMUROS CABLE

Material : Neopreno  
Diámetro : 9mm  
N.P.2

RECIPIENTE CONTENEDOR DE TEJIDOS

14-R1 RECIPIENTE IMP. EST.

Material Vaso : Policarbonato Cristalino  
Capacidad : 180cm<sup>3</sup>  
Diámetro : 57mm  
Altura : 106mm  
Marca : COOPER MEDICAL DEVICES CORP.  
N.P.1

14-R2 TAPA RECIPIENTE IMP.EST.

Material : Polietileno de alta densidad  
pigmentado

Valvula de retención : Integrada

Filtro Antisept. Conectado exteriormente

Soporte para retención de tejidos:

Integrado

Marca : COOPER MEDICAL DEVICES CORP.

N.P.1

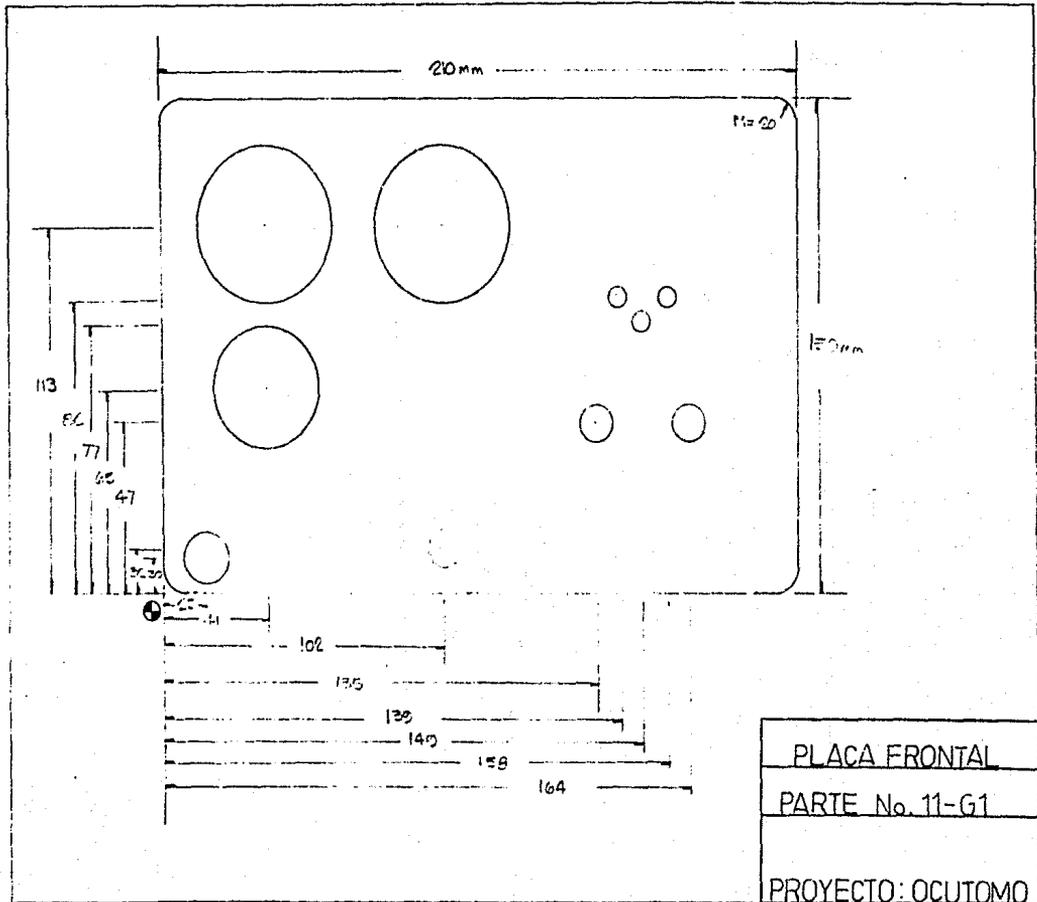
14-R3 MANGUERAS RECIPIENTE IMP. EST.

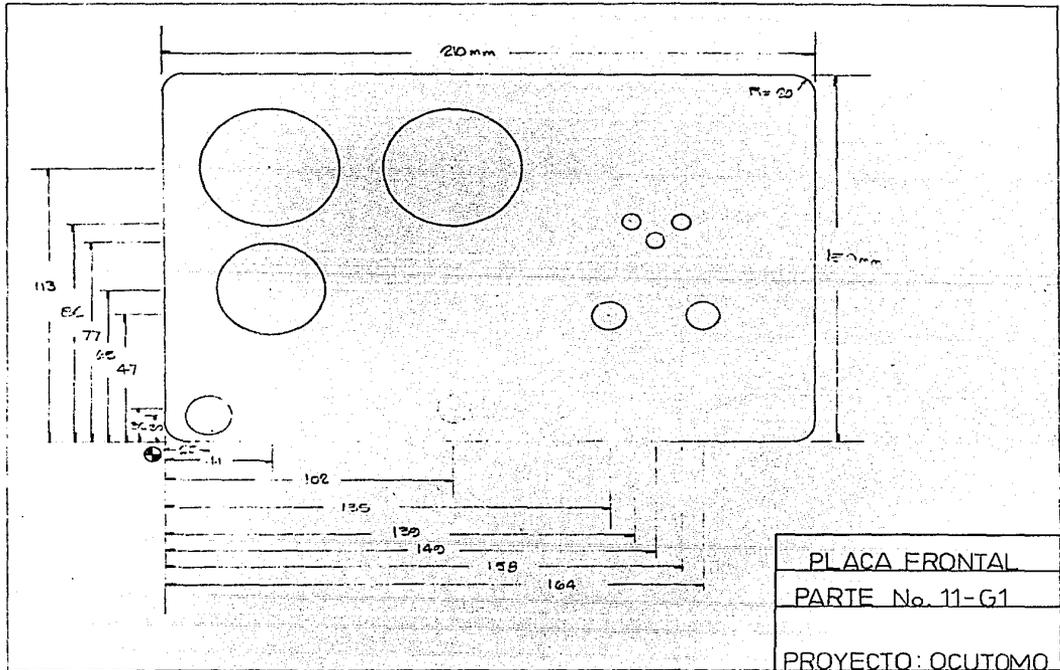
Material : Silicón Translúcido

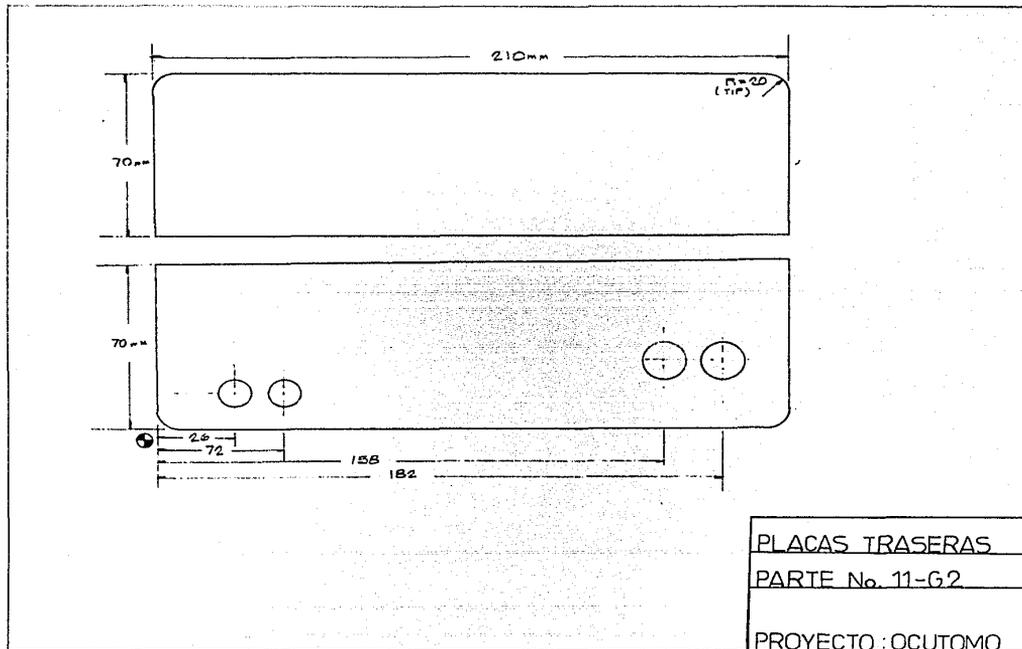
Diámetro Interior : 1mm

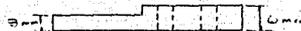
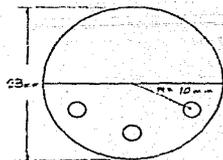
Longitud : 2m

N.P.1





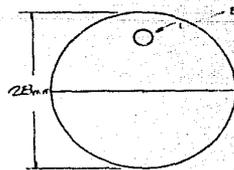




CONTRA DE OPRESOR

PARTE No. 10-N6

PROYECTO: OCUTOMO



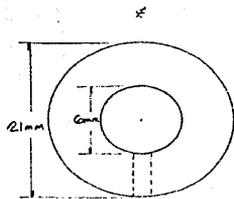
BARRILLO PASADO  
DE 3.3 mm φ.



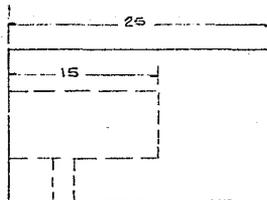
OPRESOR

PARTE No. 10-N5

PROYECTO: OCUTOMO



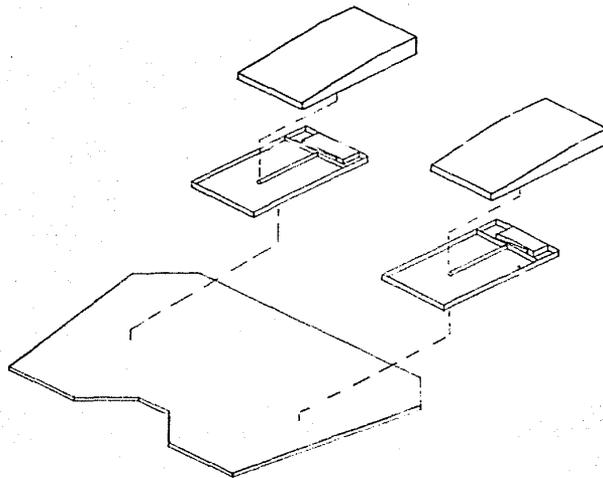
BARRILLO  
MANEJABLE  
P/PRISIONERO  
ALLEN DE 3.25mm



PERILLA DE CONTROL

PARTE No. 11-G17

PROYECTO: OCUTOMO



CUERPO DEL PEDAL
PARTE No. 13-P1
PROYECTO: OCUTOMO

## CAPITULO 3

### DISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

El diseño del sistema productivo involucra diversos factores que tienen una influencia determinante en el desarrollo final del producto.

En el diseño se pretende identificar a todas las variables que intervienen en el proceso, adaptar éste a las perspectivas de comercialización que resulten del estudio de estrategia para posteriormente definirlo plenamente.

¿En que consiste el diseño del sistema productivo? Es una parte vital en el proceso de creación de un bien o servicio desde la concepción de la idea original hasta la venta del producto. Por lo tanto está íntimamente ligado con el diseño en sí del producto desde su fase creadora hasta la construcción del prototipo y su integración a una planta productiva.

Tiene una relación estrecha con el aspecto de costos dentro del estudio de mercado, ya que de él dependerá en gran medida que el producto tenga un costo atractivo.

En cuanto a las estrategias de comercialización el sistema productivo presenta parámetros bases que deberán ser tomados en cuenta al realizar el estudio de costos y el posterior plan de ventas.

El diseño consiste esencialmente en tipificar y estandarizar las operaciones mecánicas y manuales involucradas en la fabricación del producto, para de esta forma, proceder a su producción en serie.

Asimismo incluye la determinación del equipo necesario para la fabricación del producto lo cual hace resaltar la importancia de un diseño exitoso, ya que si pensamos que las máquinas seleccionadas para las operaciones a realizar en ellas no son las idóneas, el costo del error incidirá directamente sobre el producto, lo que tendrá finalmente efectos adversos en lo que a su competitividad en el mercado se refiere.

En el estudio deberán incluirse los análisis de :

Personal involucrado en la producción, así como su grado de especialización, para poder determinar los costos directos de fabricación; materias primas requeridas y su disponibilidad en el mercado, ya que ésto podría afectar el proceso al tener que elaborar componenetes por nosotros mismos, al no ser ésto lo que se pretende en la presente etapa de desarrollo; servicios auxiliares que involucran la generación o utilización de recursos como energía eléctrica, gas, aire comprimido, etc..

Deberá contemplarse también el diseño de las áreas de trabajo destinadas para cada operación, lo cual al final nos proporcionará una clara idea de los requerimientos de espacio para nuestro proceso de fabricación.

Concretamente la información que deberemos obtener de este estudio y que nos permitira planear la producción del producto es:

- Operaciones a realizar
- Jerarquización de las operaciones
- Puntos de estancamiento
- Servicios auxiliares
- Materias primas
- Maquinaria requerida
- Herramientas y equipo
- Dimensionamiento de áreas de trabajo y almacenaje
- Secuencia crítica de ensamble
- Personal involucrado
- Grado de especialización del personal.

Para nuestro particular se prevee que las operaciones a realizar no revestirán una elevada complejidad para los trabajadores, por lo que no será necesario un alto grado de especialización ni un gran número de operarios, ya que la producción inicial será muy pequeña

## INTRODUCCION AL SISTEMA DE PRODUCCION

En este capítulo presentamos el proceso de desarrollo del sistema productivo del aparato para realizar microcirugía ocular.

El alcance a lograr en el presente trabajo consiste en una producción en pequeña escala con una planta productiva que funcione casi en su totalidad como una unidad de ensamble. Lo anterior se desprende del hecho de que en un futuro inmediato no se pretende realizar un proyecto de inversión elevada, el cual estaría fuera de nuestras posibilidades económicas a corto plazo.

Se prevee que la comercialización del aparato resultará atractiva y sumamente competitiva contemplando la posibilidad de buscar mercados en el exterior. Dadas las características anteriormente señaladas se tratará de diseñar un sistema flexible, que admita posibilidades de crecimiento.

## BASES DE DISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO

1- Como se ha mencionado en ésta etapa se pretende establecer la planta productiva como una unidad de ensamble, tratando de obtener la mayoría de los componentes mediante diferentes proveedores, reduciendo al máximo la cantidad de componentes y operaciones que se requieran efectuar en la instalación.

2-En lo que se refiere al sistema de control, se pretende integrar todas las funciones en un circuito impreso que regule las variables de operación. Lo anterior con el fin de que el aparato sea construido en forma modular y que en el caso de que sea necesario efectuar un servicio o reparación se tengan las siguientes ventajas:

- facilidad en el diagnóstico del problema
- facilidad de acceso en el interior del aparato
- rapidez en la reparación
- bajo costo de servicios colaterales

3- El sistema neumático que consta principalmente de compresor (se pretende ofrecer la posibilidad de que el aparato sea totalmente autónomo), sistema de vacío, reguladores, válvula solenoide,, interconexiones y accesorios, se tratarán de diseñar haciendo un uso racional del espacio disponible para lograr un producto compacto, lo cual permitirá que el equipo sea portátil, representando una innovación respecto al existente.

Se procurará además que todos los componentes sean fácilmente desmontables para su mantenimiento, que de antemano se prevee será mínimo.

4- En lo que se refiere a la presentación del aparato, se pretende que el proveedor del gabinete lo entregue preformado y con todas las facilidades para el montaje de los componentes, si ésto es factible.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACION

En éste punto se hará mención, en una forma general, del proceso de ensamble y fabricación del aparato.

Cabe aclarar que las actividades involucradas no son mencionadas en orden secuencial o por importancia, el cual se ilustrará posteriormente.

A-preparación de materias primas

B-sellado de los elementos neumáticos

C-conexión de válvula solenoide

D-colocación del regulador de presión

E-interconexiones y sellado

F-colocación de válvula solenoide

G-colocación del recipiente colector

H-colocación para prueba de mangueras

exteriores

I-montaje de instrumentos de medición

J-montaje del opresor electromagnético

K-calibración de instrumentos

L-montaje del circuito impreso

M-interconexiones eléctricas

N-pruebas de operación

O-correcciones

P-sellado del gabinete

Q-empaque

R-llenado de la forma de salida

S-almacenamiento

M-interconexiones eléctricas

N-pruebas de operación

O-correcciones

P-sellado del gabinete

Q-empaque

R-llenado de la forma de salida

S-almacenamiento

## ESPECIFICACION Y ANALISIS DE LAS OPERACIONES

### A- Preparación de materias primas

Se procederá a la reducción al tamaño requerido de los tramos de interconexiones así como la colocación de los soportes de fijación en el gabinete.

### B- Sellado

Se procederá a la fijación de los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de los elementos neumáticos, lo que involucra el sellado total de las conexiones mediante cinta de teflón.

### C- Conexión de válvula solenoide

La conexión de la válvula solenoide se llevará a cabo mediante manguera flexible, y conexiones de bronce selladas con cinta de teflón, esta válvula estará montada en el soporte que para este uso se diseñe, en el caso de que el proveedor del gabinete no la proporcione, la fijación de la base se considerará como una operación adicional.

### D- Colocación del regulador de presión

Una vez verificado el correcto funcionamiento de este dispositivo, serán selladas sus salidas de la misma manera que en la válvula solenoide, y se fijará a la tapa frontal del aparato.

#### E- Interconexiones y sellado

Una vez selladas las conexiones de los elementos de presión y vacío, se interconectarán con mangueras flexibles.

#### F- Colocación de válvula solenoide

Esta operación consiste en la fijación de la válvula solenoide mediante su soporte atenuador de ruido a la base del aparato.

#### G- Colocación del recipiente colector

Consiste en su fijación al gabinete, que incluye el montaje de la válvula de flujo unidireccional y el posicionamiento final de las sus mangueras.

#### H- Colocación para prueba de mangueras exteriores

Se conectarán las mangueras exteriores en condiciones de trabajo para realizar las pruebas de operación.

#### I- Montaje de instrumentos de medición

Se fijarán en los lugares previamente destinados para ello sobre la placa frontal del aparato y por medio de los soportes especialmente construidos; el manómetro, vacuómetro, perilla de graduación, y luces indicadoras.

#### J- Montaje del opresor electromagnético

Se fijará éste dispositivo a uno de los soportes laterales del gabinete, cuidandose el perfecto ajuste con la placa frontal del vástago de accionamiento exterior.

#### K- Calibración

Se efectuarán los ajustes necesarios en los instrumentos de medición de acuerdo con las lecturas de los instrumentos patrón.

#### L- Colocación del circuito impreso

Como se mencionó, el sistema de control pretende estar constituido por una tarjeta de circuito impreso, la cual se colocará mediante conectores especiales sobre su base de fijación.

#### M- Conexiones eléctricas

Se verificarán las siguientes conexiones

- alimentación general
- alimentación a circuito rectificador e interconexión
- alimentación a circuito impreso e interconexión
- líneas de control a instrumentos

#### N- Pruebas de operación

Como parte del control de calidad se realizarán las siguientes pruebas:

- prueba neumática para verificar la hermeticidad del sistema
- prueba del sistema de control
- prueba de válvula solenoide
- prueba de instrumentos y mandos
- prueba de operación general en cuatro horas de trabajo continuo

#### Q- Correcciones

En caso de presentarse alguna anomalía en el funcionamiento general del aparato, se procederá a efectuar las modificaciones pertinentes.

#### P- Sellado del gabinete

Se efectuará el cierre del gabinete mediante tornillos de sujeción en su parte superior y a la colocación de etiquetas de avisos e instrucciones.

#### Q- Empaque

El aparato una vez aprobado por control de calidad, será empacado en bases perforadas de unicel para después protegerlo con una cubierta plástica y proceder a su embalaje en cajas de cartón corrugado.

R- Llenado de la forma de salida

Esta forma deberá contener la siguiente información :

Nombre del ensamblador

Lote de materia prima

Nombre del supervisor

Fecha de fabricación

Reporte de pruebas

A continuación presentamos el diagrama de proceso de la operación, que nos indica en forma gráfica la secuencia lógica de las operaciones, así como el tiempo de proceso, éste último está indicado por convención en centésimas de hora.

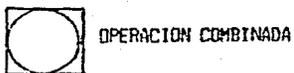
La simbología utilizada en el diagrama es la siguiente:



OPERACION



INSPECCION



OPERACION COMBINADA

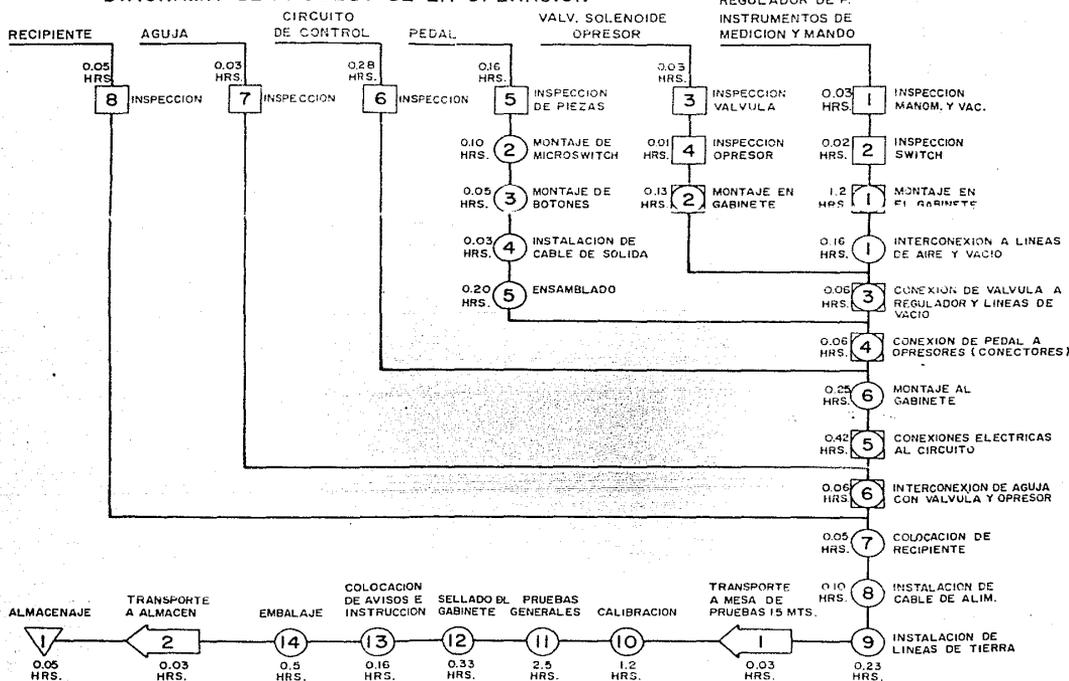


TRANSPORTE



ALMACENAMIENTO

# DIAGRAMA DE PROCESO DE LA OPERACION



ENSAMBLADO DEL APARATO  
PROCESO GRAL.

PROYECTO: OCUTOMO  
ESQUEMA N°

## INSTALACIONES

Debido a las características del proceso de fabricación, podemos distinguir cinco áreas principales con las que deberá contar la instalación:

- Almacén de materias primas
- Área de preparación de materias primas
- Área de ensamble
- Área de inspección y pruebas
- Almacén de producto terminado

Áreas de trabajo

Generalidades

Dado el reducido volumen de producción con el que se pretende iniciar la operación de las instalaciones, se cree conveniente el tener únicamente a dos personas laborando directamente en la empresa, en el área de producción por lo que se dimensionarán las áreas de trabajo sobre ésta base.

## Dimensionamiento

### -Almacén de materias primas

Se ha estimado que un área de 2 metros cuadrados (2 X 1) será suficiente; pues se colocará estantería como se muestra en el diagrama, donde estarán los diferentes componentes del aparato.

### -Área de preparación de materias primas

Se contará con una mesa de trabajo en donde se colocará un tornillo de banco, para dar acabados finales a las piezas que así lo requieran, un porta-herramientas giratorio multifuncional y herramienta menor. Se cree que será suficiente con una mesa de 1.8 m por 1.2 metros de ancho.

### -Área de ensamble

Se debe contar con una mesa de trabajo de 2m por 1.5 de ancho para el completo ensamble del aparato.

Del almacén de materias primas se sacará un juego completo de partes para ensamblar el aparato, se llevará a la mesa de trabajo, la cual contará con un tablero de herramientas distribuidas en forma ordenada para proceder al ordenamiento de los componentes y a su ensamble.

**-Area de Inspección**

Contará con una mesa de trabajo similar a la anterior con instalaciones adecuadas para la colocación y la correcta operación de los sistemas de verificación. Para esto la mesa deberá ser colocada cerca de las conexiones de energía eléctrica, presión y vacío.

**-Almacén de Producto Terminado**

Se asignará un área de 2 metros cuadrados donde se estibarán los aparatos ya embalados para su posterior distribución.

## MÁQUINAS , HERRAMIENTAS Y EQUIPO AUXILIAR

Se prevee que un gran porcentaje del trabajo será de tipo ligero, por lo que se proponen los siguientes equipos:

- equipo de limpieza y acabado
- compresor y tanque de almacenamiento
- equipo de soldadura de estaño
- instrumentos de calibración patrón
- taladro de banco
- prensa manual
- juego de llaves de tuercas
- osciloscopio
- juego de herramientas menores
- extintor

#### PUNTOS DE ESTANCAMIENTO (cuellos de botella)

Se ha establecido que uno de los puntos u operaciones que provocarían un retraso en la producción sería la falla del circuito de control, ya que en lo posible se tratará de reparar de inmediato, aunque los circuitos deberán estar verificados por el fabricante en presencia de un representante antes de su embarque.

Otro punto importante es el sellado perfecto del sistema neumático ya que al manejar aire comprimido, cabe la posibilidad de la existencia de fugas, las que deberán ser identificadas y corregidas de inmediato.

#### SERVICIOS AUXILIARES

Se deberá contar con disponibilidad para servicios tales como:

- aire comprimido
- energía eléctrica
- agua

## CAPITULO 4

### PERFIL TECNICO-ECONOMICO

#### ESTUDIO DE MERCADO

Como sabemos, el estudio de mercado en un proyecto industrial como el presente, pretende estimar la cantidad de producto (en este caso el Ocutoño), que será posible vender, las especificaciones que deberá presentar, y el precio que los consumidores potenciales están dispuestos a pagar.

A través de este estudio, podremos determinar también bajo que condiciones se podría efectuar la venta de los volúmenes previstos así como los factores que podrían modificar la estructura comercial del producto.

Es conveniente resaltar la importancia que tiene el estudio de mercado en el desarrollo del presente proyecto, ya que una cuantificación errónea del volumen de ventas o del precio del producto, conduciría a una estimación inadecuada de nuestra capacidad de planta y a una proyección de los ingresos y egresos alejada de la realidad, lo que podría dar origen al fracaso económico de nuestra empresa.

En el estudio presente seguiremos los conceptos básicos siguientes:

- A) MERCADO
  - B) DEMANDA
  - C) CONSUMO
  - D) DEMANDA POTENCIAL
  - E) OFERTA
  - F) PRECIO
- A) MERCADO

En términos generales, entendemos al mercado como el sitio donde concurren la oferta y la demanda para uno o más productos, es decir, el área en la que se encuentra un conjunto de personas o entidades, cuyos deseos, necesidades, recursos económicos y capacidades productivas establecen las fuerzas de la oferta y la demanda para determinado producto.

En el caso del Ocotomo, nuestro mercado inicial contemplará a la República Mexicana, centralizando sus operaciones en el Distrito Federal en un 80 %, fenómeno comprensible si tomamos en cuenta que los únicos distribuidores del aparato de importación en el mercado nacional cuentan con centros en el Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.

## B) DEMANDA

Según los datos obtenidos de la Sociedad Oftalmológica Mexicana y como se menciona en el Capítulo 1, en la actualidad se realizan en los lugares mencionados en el siguiente punto, un promedio de 450 operaciones mensuales que requieren del ocutomo como dispositivo principal en el desarrollo de la intervención. Si consideramos que solo el 40% de las personas que requieren de este tipo de intervención, cuentan con las posibilidades para someterse a ella, tendríamos una demanda potencial de 1125 operaciones al mes, que sería imposible satisfacer con la cantidad de aparatos disponibles en la actualidad.

Por otra parte sabemos que el 90% de la demanda de éste aparato recae en las instituciones de salud pública así como grandes hospitales privados. De éstas instituciones solo el 60% cuenta con el Ocutomo; el resto de éstos organismos se ha abstenido de realizar este tipo de operaciones ya sea por el alto costo de importación del aparato, como por la falta de información acerca del mismo.

## C) CONSUMO

En la actualidad, según datos obtenidos en Optica Lux, S.A., único distribuidor en México de la firma Norteamericana que fabrica éste aparato; se venden aproximadamente 17 aparatos anualmente en nuestro país, concentrando su venta en instituciones públicas que constantemente multiplican sus servicios en la República Mexicana.

Las instituciones que cuentan en éstos momentos con éste dispositivo son las siguientes:

HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO, departamento de oftalmología

HOSPITAL GEA GONZALEZ

CLINICA QUIRURGICA PARA ENFERMOS DE LOS OJOS

HOSPITAL OFTALMOLOGICO DE NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ

HOSPITAL DE PEMEX, (picacho)

HOSPITAL HUMANA

CLINICA OFTALMOLOGICA MERIDA

Dentro del Sector Público:

CENTRO MEDICO NACIONAL

CENTRO MEDICO LA RAZA

HOSPITAL AUXILIAR TLATELOLCO

HOSPITAL GENERAL DE ZONA No.1

HOSPITAL GENERAL DE ZONA No.1-A

HOSPITAL GENERAL DE ZONA No.57

TODOS ELLOS PERTENECIENTES AL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

HOSPITAL ADOLFO LOPEZ MATEOS

HOSPITAL 1o. DE OCTUBRE

HOSPITAL TECAMACHALCO

HOSPITAL 20 DE NOVIEMBRE

PERTENECIENTES AL INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES PARA LOS TRABAJADORES DEL  
ESTADO

Uno de nuestros propósitos es el de dirigirnos a las grandes instituciones que aun carecen del aparato así como a las que ya lo poseen y requerirán de reposiciones y nuevos aparatos. Asimismo, se localizará a los médicos particulares especializados en microcirugía ocular y con posibilidades de adquirir el Ocutomo.

Sabemos que el alto precio de importación del producto es el factor que mas determinadamente influye en el restringido consumo que de él se tiene actualmente, por lo que nuestra mas importante estrategia de comercialización sera la de resaltar el bajo precio de venta así como la alta calidad del producto.

#### D) DEMANDA POTENCIAL

Amén de los factores ya mencionados como las instituciones que aun no adquieren el aparato, las que lo tienen y que requerirán de reposiciones y nuevos aparatos, los médicos particulares, etc.. Tenemos un crecimiento de la población mexicana de

aproximadamente 2.8% anual, lo que incrementa en relación directamente proporcional, el número de pacientes potenciales que requerirán de intervenciones con el uso del Ocutomo.

De acuerdo a las investigaciones realizadas en campo, existe una demanda nacional insatisfecha del ocutomo, como a continuación se desglosa :

DEMANDA INSATISFECHA

	HOSPITALES	CLINICAS	ESPECIALISTAS
ZONA METROPOLITANA	12	1	30
PROVINCIA:			
Guadalajara	4	1	5
Monterrey	5	1	4
Veracruz	1	1	0
Puebla	1	1	3
León	1	0	0
Querétaro	1	0	1
Cuernavaca	1	1	2
San Luis Potosí	1	1	0
Villahermosa	1	1	0
Chihuahua	0	1	2
Mérida	0	1	3
Heraosillo	0	1	0
Morelia	1	0	0
	---	---	---
SUBTOTAL	29	17	50
TOTAL 96 UNIDADES			

Cabe aclarar que la demanda potencial de cada uno de los conceptos señalados, es de al menos, un ocuto, por lo que el mercado nacional potencial al inicio de nuestras operaciones nos arroja una cifra de 96 aparatos.

De acuerdo a nuestra capacidad financiera y de operación señalada posteriormente, consideramos poder captar, en el primer año de operaciones, un 40% del mercado señalado, con un crecimiento anual del 3% del mercado nacional, lo que representaría un 10% de nuestra capacidad instalada.

Es decir pretendemos producir en el primer año de operaciones un total de 40 aparatos.

#### E) OFERTA

Como indicamos en incisos anteriores, el único distribuidor autorizado de estos aparatos en Mexico es Optica Lux a través de su departamento técnico, que representa a la firma "COOPER VISION" de U.S.A.

Las políticas comerciales de ésta distribuidora son extremadamente rígidas y se mencionarán en el inciso correspondiente a precios.

Su aparato de promoción consiste fundamentalmente en anuncios en revistas médicas especializadas y contacto directo de sus vendedores con las grandes instituciones médicas.

El costo en México es sumamente variable, pues aunque la venta se realice en pesos, la importación se lleva al cabo mediante dólares controlados que, como sabemos, se encuentran a partir del 5 de Agosto de 1985 en flotación controlada.

#### CARACTERISTICAS DE LA OFERTA

El último modelo de ocutomo disponible en México, es el 'OCUTOME II SYSTEM' de Coopervision, que cuenta con las siguientes características:

- presentación exterior sumamente estética; en la figura aparece una fotografía de éste aparato
- rango de presión de 0 a 300 mmHg, con control externo de perilla
- pedal de accionamiento para comodidad del usuario que controla al aparato
- carátula digital con valores fijados y valores actuales de presión y succión en sistema internacional de unidades
- capacidad para una velocidad de corte de la aguja de 60 a 480 cortes por minuto
- flotador integrado en el recipiente contenedor de tejido

Estas características fueron incluidas dentro del presente proyecto, y en algunos casos se adecuaron al objetivo de bajo costo, sin disminuir la confiabilidad y calidad del instrumento.

#### Precision Footswitch Control.

Working on a linear principle, the optional footswitch control delivers full-range suction capabilities in infinitely variable increments from 0 to a pre-set maximum (up to 300 mm Hg). Simple to operate, the two-pedal arrangement details the functions of the Ocutome® II and the Fragmatome® II. This allows the system to be used as a tissue suction/cutter or a lens fragmentation unit. Especially when used in conjunction with the Charles Linear Suction Footswitch Control provides the required level of precise control for safe and successful manipulation.

#### Precision in Design and Function.

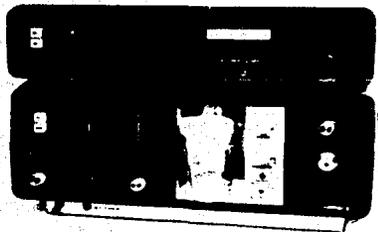
From its functionally elegant exterior to its highly responsive electronic circuitry, the system says precision. An optional built-in illumination module with fluorescent filter streamlines the system. Two suction valves allow concurrent attachment of the Ocutome® Probe and the improved Fragmatome® Handpiece, making both ready for immediate use. The console's lighted panels (LEDs) simultaneously display the pre-set maximum and actual suction levels in metric units. The cutting speed is fully variable from 60 to 180 cuts/minute. Other features

bring added convenience. For quick availability, many of the procedure-related items are contained in the sterile, pre-packaged DisposaPak®. This, together with a new probe sterilization tray (which allows accessories to be wrapped and stored sterile) means that the unit is always ready for immediate emergency use. The Disposa Bottle™ collection system also facilitates sterile tissue sampling and features a shut-off float to prevent bottle overflow.

#### Precisely the Same Features.

The features of the Ocutome®/Fragmatome® System - that put it light years ahead of anything in its field and made it the choice for anterior segment surgery have not been changed. Yet the redesigned features add immensely to the system's flexibility, convenience and precision in procedures such as capsule-tomy, anterior vitreotomies, pupillary reshaping and retro-IOI membrane removal. Of course, our commitment to total support through technical and educational services and ongoing R&D remains constant.

### Ocutome Model 8500 Fragmatome Model 8500



CooperVision Surgical Systems Division  
1750 Cooper Rd., Box 19867, Irvine, CA  
92714 USA Phone (714) 271-9900 Telex  
658886 CVSDEN

Trade Technologies Centre, Theale, Reading,  
Bucks RG7 0P, United Kingdom Phone  
(0734) 503100 Telex 8463791 CVSDEN G

\*Registered trademark of CooperVision, Inc.  
\*Trademark of CooperVision, Inc.  
© Copyright 1986 CooperVision, Inc.

**CooperVision**  
SURGICAL

Your work is too important to settle for less.

## F) PRECIO

Al iniciar el presente estudio, en junio de 1985, el "Ocutome II System", tenía un precio con el distribuidor mencionado de \$ 4'852,000.00 al parecer en una oferta de la fábrica Coopervision.

A fines del mes de julio, el precio se incrementó a \$7'505,000.00 y el precio a fines de 1986 está cercano a los \$15,000,000.00

Como ya indicamos, éste precio se encuentra en constante variación según el deslizamiento del peso respecto al dolar controlado, y sufre ajustes mensualmente.

Una de las políticas de venta del distribuidor es la de exigir el 50% de anticipo al comprador para efectuar entonces la importación del aparato, pues como es comprensible no cuentan con existencias de ellos. Además si el precio varía en el lapso que ocurre entre la fecha de entrega del anticipo y la llegada del aparato a México, el comprador estará obligado a pagar la diferencia.

El precio mencionado incluye el equipo básico del aparato que consta de los siguientes componentes:

- juego de mangueras flexibles
- aguja de vitrectomía
- pedal accionador
- vaso contenedor de tejido

Otorgan además, garantía de un año contra defectos de fabricación.

Podemos concluir entonces, que todas estas políticas comerciales representan en realidad, ventajas comerciales para nosotros, pues como veremos a continuación, las podremos superar con un amplio margen.

Analizando los costos derivados de

- materias primas
- diseño del aparato
- mano de obra
- instalaciones
- amortización de maquinaria y equipo
- gastos indirectos que involucran:
  - \* gastos administrativos
  - \* servicios
  - \* promoción
  - \* empaque
  - \* distribución
- otros gastos
- porcentaje de utilidad

Como aquí se desglosa :

## MATERIAS PRIMAS

### Lista de partes

PARTE	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1- válvula solenoide	\$ 65,000.00	\$ 65,000.00
2- mangueras flexibles (cinco)	1,000.00	5,000.00
3- regulador de presión	25,000.00	25,000.00
4- gabinete	45,000.00	45,000.00
5- control electrónico integrado (tabletas e indicadores)	170,000.00	170,000.00
6- conexiones (seis)	3,000.00	18,000.00
7- recipiente contenedor y valvula de retención integrada	28,000.00	28,000.00
8- pedal accionador	45,000.00	45,000.00

9- control de pedal		
y cable	8,000.00	8,000.00
10- cable de alimentación		
de energía	4,000.00	4,000.00
11- varios	25,000.00	25,000.00
12- aguja para vitrectomía		
con sujetador	260,000.00	260,000.00
13- manómetro	15,000.00	15,000.00
14- vacuómetro	25,000.00	25,000.00
TOTAL		\$ 519,900.00

Compresor - Bomba de Vacío

(opcional) 350,000.00

---

TOTAL OPCIONAL \$1'088,000.00

## DISEÑO DEL APARATO

Consideramos en éste renglon las horas hombre totales utilizadas en el diseño de los diferentes sistemas del aparato, esquemas, diagramas, estudio de materiales y memoria de cálculo; haciendo una estimacion global de 250 horas hombre con un costo estándar de \$3,500.00 por hora hombre, lo que nos arroja un costo total de diseño de \$875,000.00

## MANO DE OBRA

Requerimos; según el estudio del proceso de fabricacion; de dos personas de mediana especialización, como mano de obra directa, para realizar el ensamble del aparato, contando con las materias primas integradas. Consideramos una jornada de trabajo de éstas personas suficiente para realizar el ensamble, pruebas de operación, y empaque del aparato, es decir 16 horas hombre con un costo de \$ 550.00 cada una, mas un 15% de prestaciones de ley y gratificaciones. Lo que nos arroja un costo de \$ 633.00 hora hombre, haciendo un total de \$10,128.00 por mano de obra directa por cada aparato.

## INSTALACIONES

Renta mensual de un local de aproximadamente 50 metros cuadrados : \$100,000.00

## MAQUINARIA Y EQUIPO

- compresor-bomba de vacio	\$350,000.00
- osciloscopio	600,000.00
- multímetro y accesorios	120,000.00
- taladro de banco	200,000.00
- caudín y accesorios	50,000.00
- herramientas para ensamble	120,000.00
- anaqueles de almacén (2)	160,000.00
- mesas de trabajo (2)	180,000.00
- varios	100,000.00

---

TOTAL : \$1'880,000.00

## GASTOS INDIRECTOS

### a) Gastos administrativos

Supervisión, procura de materiales,  
y administración general

\$ 350,000.00/mes

Total a) 350,000.00

### b) Papelería

- facturas (100) \$ 15,000.00

- recibos (100) 15,000.00

- órdenes de compra  
( 100 ) 15,000.00

- hojas y sobres  
membrados 10,000.00

- etiquetas 12,000.00

---

Total b) 67,000.00

c) Servicios

- teléfono \$ 6,000.00/mes

- energía eléctrica 4,000.00/mes

---

Total c) 10,000.00/mes

d) Promoción

- ventas (labor) \$ 300,000.00/mes

- propaganda (folletos) 40,000.00

- tarjetas de presentación 15,000.00

- anuncios revistas 50,000.00/mes

- otros medios 30,000.00

Total d) 435,000.00

e) Empaque

- caja de cartón ilustrada \$1000.00

- unicef preformado 3000.00

- protección plástica 500.00

Total e)/unidad 4500.00

f) Otros gastos                      \$ 10000.00/aparato

Total anual de gastos indirectos \$13'084,000.00

Se ha estimado que los diferentes conceptos de inversión inicial y progresiva tales como:

- diseño del aparato
- maquinaria y equipo
- inversión inicial de instalaciones
- gastos de administración general
- servicios
- gastos de preoperación y gastos de constitucion

Deberan ser diferidos en el primer año de operación, con una venta estimada de 40 aparatos en este año.

Se llegó a esta conclusión al analizar la cambiante e incierta situación de los mercados nacionales en todos los sectores productivos, y por ende, la imposibilidad real de estimación de ventas posteriores, así como de costos en las materias primas y componentes del aparato.

Por otra parte, y como se indicó en incisos anteriores, los precios de la competencia internacional nos permiten repercutir éstos costos en nuestra primera producción anual, con cierta holgura.

g) Utilidad

El porcentaje de utilidad que se pretende obtener con la venta de nuestro producto y que se indica a continuación, se desprende del estudio financiero, que, como inciso inmediato se detalla, y contemplando como se indicó en la nota anterior, la recuperación de nuestra inversión inicial en la venta de 40 aparatos, en un lapso de un año, sumado a una cantidad que dependerá del comportamiento del mercado, y que se justificará en el inciso de estrategias comerciales.

De acuerdo al estado actual del mercado, se llegó a la conclusión de sumar a los costos totales del producto una cantidad aproximada de \$950,000.00, para la adecuada rentabilidad de nuestra empresa.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA

### ESTUDIO FINANCIERO

#### Inversión Inicial

##### a) Inversión fija

- renta de local (2 meses de anticipo

y uno de depósito) \$ 300,000.00

- Maquinaria y Equipo 1'880,000.00

- Papelería 67,000.00

- Gastos de instalación  
y preoperación 300,000.00

- Gastos de constitución 180,000.00

---

TOTAL 2'727,000.00

b) Capital de Trabajo

- Inventario de materias primas

( tres lotes de componentes )

\$ 2'214,000.00

- Efectivo en caja 250,000.00

---

TOTAL 2'464,000.00

INVERSION INICIAL TOTAL

\$ 5'191,000.00

TIEMPO ESTIMADO DE RECUPERACION: 12 Meses

NUMERO DE APARATOS A PRODUCIR : 40

PRECIO DE VENTA INICIAL : \$2'127,000.00

## PUNTO DE EQUILIBRIO

Presentamos a continuación, la forma gráfica del punto de equilibrio (costos vs. ingresos), que nos indicará el número mínimo de aparatos a producir para igualar nuestros costos totales con los ingresos a percibir.

Criterios y datos utilizados para el diseño de la gráfica derivados del estudio de mercado y del estudio financiero :

- lapso de producción - 12 meses
- $\bar{x}=40$  (volumen de aparatos a producir)
- C.P.U.= \$1'177,000.00 (costo por unidad)
- P.V.= \$2'127,000.00 (precio de venta)
- C.F.= \$13'357,000.00 (costos fijos; constantes cualesquiera que sea la producción)
  
- C.T.= (C.P.U.)X + C.F.  
= (1'177,000)X + 13'357,000 (costos totales)
  
- I.T.= (P.V.)X  
= (2'127,000)X (ingresos totales)

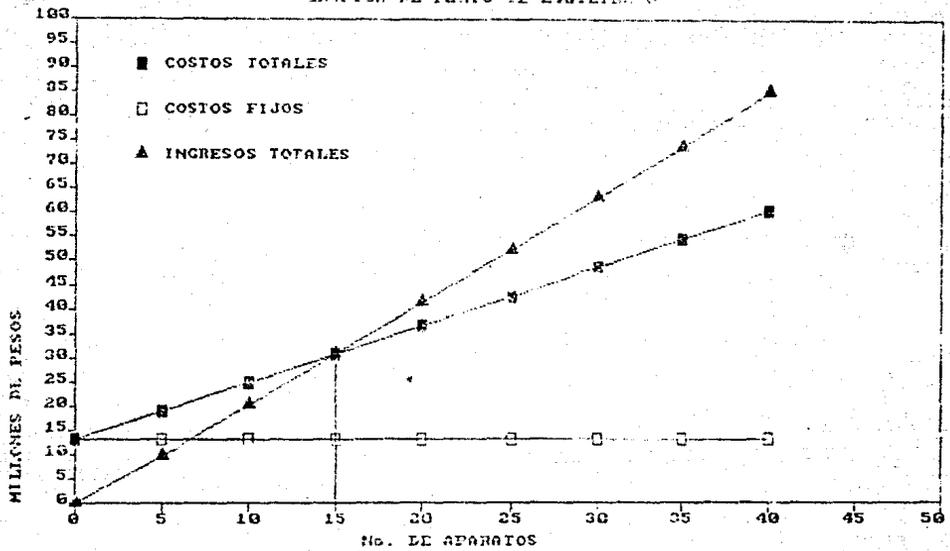
Tenemos entonces, para nuestra tabla :

TABLA DE PUNTO DE EQUILIBRIO

No.de aparatos	C.T	I.T	C.F.
0	13'357,000	0	13'357,000
5	19'242,000	10'635,000	"
10	25'127,000	21'270,000	"
15	31'012,000	31'905,000	"
20	36'897,000	42'540,000	"
25	42'782,000	53'175,000	"
30	48'667,000	63'810,000	"
35	54'552,000	74'445,000	"
40	60'437,000	85'080,000	"

Presentamos a continuación, la gráfica correspondiente.

GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO



Podemos observar entonces, que P.E. = 15 , es decir que al fabricar 15 aparatos, los costos serán semejantes a nuestros ingresos, aproximadamente \$ 31'000,000.00 lo que nos lleva a suponer que si nuestros cálculos de mercado son acertados, y es posible la venta de 40 aparatos en el lapso de un año, nuestras utilidades serán considerables y suficientes para una reinversión tendiente a la captación de mercados internacionales.

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA

Es importante hacer resaltar, que el proceso productivo que desarrollamos, descrito en el capítulo 3, involucra solo a diferentes operaciones de ensamblado y conexión, ya que los principales componentes del aparato como son :

- gabinete
- control electrónico
- soportes
- instrumentos

Llegarán a nuestra planta ya armados por proveedores nuestros ya que cuando menos, al inicio de nuestras operaciones, esto nos beneficia productiva y económicamente en gran medida.

Si el mercado se comporta favorablemente, buscaremos, en el segundo año de producción, el inicio de una integración horizontal para la fabricación o armado de nuestros componentes.

Por otra parte, los materiales para los componentes mecánicos son todos de fabricación nacional y los componentes electrónicos se distribuyen a gran escala en nuestro país por medio de diferentes casas especializadas, es decir, técnicamente no existe restricción para la fabricación y armado de los componentes del osciloscopio, dejando

como un concepto aparte, a la aguja de corte que como ya indicamos, tendrá que ser de importación. La viabilidad de su fabricación, merecerá un estudio posterior.

Los proveedores de los componentes estarán sujetos a planos, especificaciones y tolerancias diseñadas por nosotros mismos y sus productos se someterán a una inspección inicial en nuestra planta.

Por otra parte y como mencionamos en el capítulo 3, las operaciones a realizar serán relativamente sencillas y no requerirán de operarios con un alto grado de especialización.

Por todo lo anterior, consideramos que nuestro proyecto es técnicamente factible de realizar. Al haber resuelto los problemas técnicos básicos durante la fabricación del prototipo

## ESTRATEGIAS DE COMERCIALIZACION

Se ha buscado, como mencionamos en capitulos anteriores, la creación de estrategias de comercialización que resalten el costo, la calidad y la rapidez en la entrega de nuestro producto, logrando argumentos de ventas concretos y determinantes. Llegamos así a las siguientes conclusiones :

### PUBLICIDAD

- Creación de folletos a todo color, con fotografías del aparato indicando sus principales características, comodidad en su utilización y nombre y teléfonos de la empresa.
- Diseño de una presentación audiovisual (mediante videocassette), del aparato en funcionamiento, en una operación estándar de vitrectomía vía pars plana, indicando los pasos que se siguen y resaltando las ventajas y posibilidades del ocutomo.
- Empaque exterior de cartón ilustrado a todo color, indicando las características principales del aparato y el equipo auxiliar incluido en español e inglés, resaltando el nombre de la empresa en color contrastante.

- Anuncios de media página a color en revistas especializadas de la sociedad de oftalmología.

#### LABOR DE VENTAS

- Entrevistas iniciales con todas las instituciones mencionadas al inicio de este capítulo así como con los médicos particulares de ésta especialidad, presentando verbalmente el aparato, sus características, precio, precio de la competencia, garantía, tiempo de entrega, etc.

- Obsequio a los clientes potenciales anteriores, de folletos y tarjetas de presentación y compromiso de exhibición del video para los que así lo deseen.

#### ESTRATEGIAS GENERALES

- Ofrecer como promoción, servicio de mantenimiento con mano de obra gratuita durante seis meses.

- Ofrecer un descuento atractivo (aún no determinado), por el pago en efectivo.

- Servicio de entrega gratuito a cualquier parte de la república.

- Inscripción a la asociación nacional de oftalmología y asistencia a convenciones y exposiciones del ramo.

## CONCLUSIONES

El objetivo primordial del presente proyecto fué la creación de un prototipo de ocutomo basado en el diseño ya existente, simplificando sus operaciones y minimizando los costos de manera que pudiésemos emplear el mayor grado de integración nacional.

La factibilidad técnica de la producción del ocutomo con un alto grado de integración nacional, ha sido demostrada en el presente trabajo, al construir un prototipo que cumple con todas las funciones del producto extranjero y, que cumple además, con una importante simplificación en sus elementos, sin demeritar en grado alguno, la confiabilidad del mismo.

Mediante el estudio de factibilidad económica y búsqueda de proveedores de cada uno de los componentes, pudimos comprobar que el aparato puede ser construido en nuestro país, siguiendo el diseño que, a partir de numerosas pruebas y desarrollos experimentales, presentamos en éste trabajo. Este diseño representa además, una diferencia en el precio final, de más del 500% con respecto al producto extranjero.

Consideramos en base al estudio de mercado realizado, que la comercialización del ocutoomo en México, y la posterior búsqueda de mercados en el extranjero es altamente factible ya que, la considerable diferencia en el precio, con respecto al aparato norteamericano, la simplificación en cuanto a su funcionamiento y la facilidad de servicio y garantía para los usuarios, nos representan ventajas comerciales difíciles de superar.

Iniciaremos la producción del ocutoomo, con la importación de la aguja de corte como elemento externo al aparato. Una vez insertado el ocutoomo en el mercado nacional, se pretende modificar el diseño de dicho elemento para proceder a su construcción integral en nuestro país.

Por otra parte, a través de dos años de trabajo, pudimos comprobar que en México existen los elementos humanos y tecnologías necesarias para la creación de innumerables dispositivos y aparatos mecánicos, eléctricos y electrónicos, con aplicaciones en diversas áreas que, al traducirse en sustitución de importaciones, darán al país el impulso industrial necesario, para colocarlo en un nivel competitivo en el entorno internacional.

Quisiéramos por último, agradecer a la Facultad de Ingeniería y a nuestros profesores, por la formación adquirida a través del estudio de nuestra carrera que nos permite contemplar la posibilidad de coadyuvar al indispensable desarrollo tecnológico de nuestro país .

## BIBLIOGRAFIA

- Soto R. Humberto y Espejel Z. Ernesto  
"LA FORMULACION Y EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE PROYECTOS INDUSTRIALES"  
editovisual CENETI  
México 1978
- ILPES  
"GUIA PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS"  
ed. Siglo XXI  
México 1973
- Tarquin Anthony y Blank Leland  
"INGENIERIA ECONOMICA"  
ed. Mc.Graw-Hill  
México 1981
- Facultad de contaduría y admon.  
"INTRODUCCION A LA COMERCIALIZACION"  
ed.Li&usa  
México 1973
- Melvino A. Paul  
"PRINCIPIOS DE ELECTRONICA"  
ed.Mc.Graw-Hill  
México 1979
- Phelps S. Roland  
"CIRCUITOS ELECTRONICOS DE USO GENERAL"  
ed.Mc.Graw-Hill  
México 1985

- Ramirez G. Jesus Roberto  
"APLICACION DEL DISEÑO EN INGENIERIA BIOMEDICA"  
TESIS .facultad de ingenieria U.N.A.M.  
México 1984
  
- Dieter Georges  
"ENGINEERING DESIGN"  
ed:Mc.Graw-Hill  
U.S.A. 1983
  
- Earle H. James  
"DISEÑO GRAFICO EN INGENIERIA"  
fondo educativo interamericano  
México 1976
  
- J.Christopher Jones  
"DESIGN METHODS"  
ed. John Wiley  
U.S.A. 1980
  
- T.K.Berens y T.K.Efremova  
"ELEMENTOS Y ESQUEMAS DE LA NEUMOAUTOMATICA"  
ed. MIR  
U.R.S.S. 1978
  
- F.S.Kolozov y I.Kalaikov  
"ELEMENTOS DE AUTOMATICA"  
ed.MIR  
U.R.S.S. 1980
  
- John Pippenger  
"INDUSTRIAL HYDRAULICS"  
ed.Mc.Graw-Hill  
U.S.A. 1981

- R.H.Warring  
"CIRCUITOS INTEGRADOS"  
ed. Paraninfo  
Madrid 1981

- L.Pericone  
"MONTAJES PRACTICOS DE ELECTRONICA"  
ed. hispano-europea  
Barcelona 1979

-E.A. Parr  
"CIRCUITOS BASICOS DE ORDENADOR"  
ed. CEAC  
BARCELONA 1983