



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y FABRICACION DE UN AGITADOR  
OSCILANTE PARA MUESTRAS DE SANGRE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA MECANICA)

P R E S E N T A N :

JUAN GONZALEZ ACOSTA  
JUAN CARLOS GONZALEZ VENEGAS

DIRECTOR DE TESIS: M.I. VICENTE, BORJA RAMIREZ



MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **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.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES**

Doctor en Derecho Juan González Fuentes  
Te doy gracias por todo tu apoyo y dedicación  
que me has brindado durante todos mis años  
de estudio.  
Eres un ejemplo a seguir.  
Te quiero mucho.

### **Socorro Acosta de González (†)**

Por todo ese cariño y amor que me diste,  
impulsándome a lograr esta meta y aunque no  
podamos compartir juntos estos momentos siempre  
vivirás en mi recuerdo.  
Te amo.

### **A MIS ABUELITOS**

Por ser las personas más lindas de este mundo.  
Los quiero.

### **A MIS HERMANOS**

Javier, Adriana, Alejandro y Claudia, que sea un aliento  
para que sigan adelante en esta vida, y nunca se den  
por vencidos.  
Los quiero a todos

---

**A YOLANDA**

**Por todo ese tiempo que hemos compartido juntos,  
no sabes lo mucho que me has ayudado para lograr  
esta meta.**

**Te amo.**

**JUAN GONZÁLEZ ACOSTA**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES**

Soledad y Alberto (†)

Todo mi amor y gratitud por hacer un gran esfuerzo y darme la oportunidad de realizar una de mis más ansiadas metas.

### **A MIS HERMANOS**

Alberto

Fernando

Carmen

Rosalía

Gracias por estar conmigo y brindarme su apoyo siempre.

### **A MI TÍA**

Trinidad

Mil gracias por impulsarme a seguir adelante.

**JUAN CARLOS GONZÁLEZ VENEGAS**

---

## **RECONOCIMIENTOS**

A todas las personas que nos ayudaron desinteresadamente al desarrollo del presente trabajo, con especial reconocimiento a :

M.I. VICENTE BORJA RAMÍREZ

ING. EDUARDO U. MÁRQUEZ AMADOR

ING. VICTOR M. JIMÉNEZ ROMERO

ING. ADRIANA GONZÁLEZ DE JIMÉNEZ

GABRIEL GARCIA MONROY

A la FACULTAD DE INGENIERÍA por la oportunidad que nos brindó;

A nuestros PROFESORES por transmitirnos los conocimientos que hoy forman la base de nuestro desarrollo profesional;

Al PERSONAL de la Facultad por su continua ayuda.

---

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO DE LA TESIS	3
PLANEACIÓN	4
CAPÍTULO 1 MÉTODO DE DISEÑO	7
CAPÍTULO 2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
2.1 Planteamiento y análisis de la necesidad	12
2.2 Especificación del problema	15
- Entrada: Fluido sanguíneo	15
- Salida: Mezcla totalmente homogénea	16
- Especificaciones	16
- Restricciones	16
- Criterios	17
- Uso	17
2.3 Investigación y análisis de información	18
CAPÍTULO 3 DISEÑO	20
3.1 Generación de alternativas	24
3.2 Sistema de transmisión	26

## ÍNDICE

---

- Alternativas de solución	26
- Mecanismo de cuatro barras	27
- Mecanismo por engranes	29
- Mecanismo de leva y seguidor	31
3.3 Sistema motriz	33
- Alternativas de solución	33
- Motorreductor de C.A.	34
- Motor de C.D. con eliminador de voltaje	36
- Motor de C.A. y mecanismo de engranes sinfn-corona	38
3.4 Sistema contenedor	40
- Alternativas de solución	40
- Charola para tubos sin sujeción	41
- Charola para tubos con sujeción (mordazas individuales)	43
- Charola para tubos con sujeción (canales del tamaño de los tubos)	45
- Rejilla porta - tubos	47
3.5 Selección de alternativas	49
3.6 Diseño de detalle	53
- Síntesis del mecanismo de transmisión	53
- Cálculo de la potencia del motor	57
- Planos	59
CAPÍTULO 4 MANUFACTURA	81
4.1 Fabricación y ensamble	82
4.2 Pruebas	85



## ÍNDICE

---

<b>CAPÍTULO 5 OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO PARA FACILITAR SU ENSAMBLE</b>	<b>90</b>
5.1 Modificaciones propuestas para el agitador desarrollado	99
<b>CONCLUSIONES Y RESULTADOS</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>109</b>

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la información obtenida de algunos usuarios y proveedores, el 90% de instrumental y equipo de laboratorio utilizado en el país es de origen extranjero, por lo cual es importante fomentar el desarrollo del diseño de equipo médico y de esta manera impulsar el crecimiento de la tecnología nacional.

La realización del presente proyecto surgió de la necesidad de implementar un instrumental de análisis clínico para la Dirección General de Servicios Médicos de la UNAM (DGSM); debido al vínculo que existe entre esta dirección y el Centro de Diseño y manufactura de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se pretendió desarrollar el diseño de equipo de laboratorio para satisfacer las necesidades requeridas en las pruebas clínicas realizadas en la DGSM.

De lo anterior surgió la iniciativa de diseñar y fabricar el prototipo de un *Agitador oscilante para muestras de sangre* que cumpla con las normas de operación y características establecidas por la Dirección General de Servicios Médicos, como son: ángulo de oscilación, velocidad de oscilación, número de tubos (capacidad de agitación), tipo de energía disponible, etc. Tales características serán mostradas más adelante durante el desarrollo del presente trabajo.

Con la construcción de este prototipo se pretende obtener ciertos beneficios como la disminución de costos y un funcionamiento que cumpla con las especificaciones requeridas.

En primer lugar, se presentan los temas titulados "Objetivo de la tesis" y "Planeación", donde se exponen los alcances pretendidos con este trabajo, así como las actividades que fueron seguidas para llevar a cabo el presente proyecto.

En el capítulo 1, "Método de Diseño" se plantea el método de diseño como una ruta a seguir para optimizar las actividades y aprovechar al máximo los recursos disponibles.

En el capítulo 2, "Definición del Problema", se plantea el problema en forma general, se establecen criterios y restricciones, y se lleva a cabo la investigación y análisis de la información.

En el capítulo 3, "Diseño", se lleva a cabo la generación de alternativas, así como la evaluación y selección de las mismas, se realizan los cálculos y se elaboran los dibujos de detalle (planos) con base en los aspectos antes mencionados.

El capítulo 4, "Manufactura", se enfoca hacia las actividades de fabricación, ensamble y pruebas para la evaluación del prototipo.

En el capítulo 5, "Optimización del diseño para facilitar su ensamble" se propone la optimización del diseño realizado, con un enfoque hacia la producción en serie.

Por último se incluyen las conclusiones y resultados con base en los datos obtenidos durante el desarrollo de este trabajo.

## OBJETIVO DE LA TESIS

La mayoría del instrumental y equipo clínico usado en México es de origen extranjero, por lo tanto se presentan algunos problemas en cuanto a su adquisición. Estos equipos tienen un alto costo, existe una escasez de servicio y refacciones. Dichos problemas se pueden resolver desarrollando un diseño acoplado a las necesidades del mercado nacional, con lo cual se evitaría la dependencia tecnológica que nuestro país ha tenido principalmente en las ramas industriales. Con este proyecto se pretende obtener un prototipo funcional, de fácil mantenimiento y de bajo costo.

El desarrollo de la presente tesis tuvo como objetivo la realización del diseño y fabricación de una máquina *Agitadora oscilante para muestras de sangre*. El diseño se basó en las especificaciones obtenidas en la Dirección General de Servicios Médicos de la U.N.A.M., fundamentadas en normas vigentes para instituciones de salud.

Para la Dirección General de Servicios Médicos es fundamental obtener equipo clínico para su laboratorio que cumpla con las necesidades de sus actividades, y de esta manera resolver un problema de origen económico-tecnológico.

Asimismo, con el resultado de este trabajo se culminan nuestros estudios de licenciatura.

## PLANEACIÓN

Previo al desarrollo del método de diseño, es necesario establecer una planeación de actividades para la realización de un proyecto.

Una técnica de planeación consiste en realizar un diagrama que identifique las actividades principales de un proyecto y organizarlas en la secuencia en que deben ser desempeñadas. El diseñador debe definir una secuencia lógica y ordenada, delimitando las actividades, incluyendo fechas y avance de las mismas.

El programa de planeación trata de cubrir siempre las actividades en su totalidad, sin embargo, pueden surgir agentes externos que impidan su realización (siempre y cuando estén justificados), tales como: cambios en las especificaciones del diseño, suministro y calidad de materiales, etc.

La finalidad principal de la planeación, fue la de considerar los elementos necesarios para el control del desarrollo de las actividades y con esto se evitaron imprevistos que hubieran afectado la secuencia del avance del proyecto.

Las ventajas de la planeación son múltiples, algunas de las cuales se enumeran a continuación:

- Lograr una organización más lógica de las actividades a desarrollar
- Simplificar la coordinación de un proyecto entre los distintos elementos que la integran

- Ahorrar dinero debido a que no existen actividades inesperadas que hay que llevar a cabo
- Comunicar las actividades y su secuencia de ejecución de una manera más concisa

En la figura 1, se muestra el diagrama de la planeación seguida durante el desarrollo del presente proyecto.

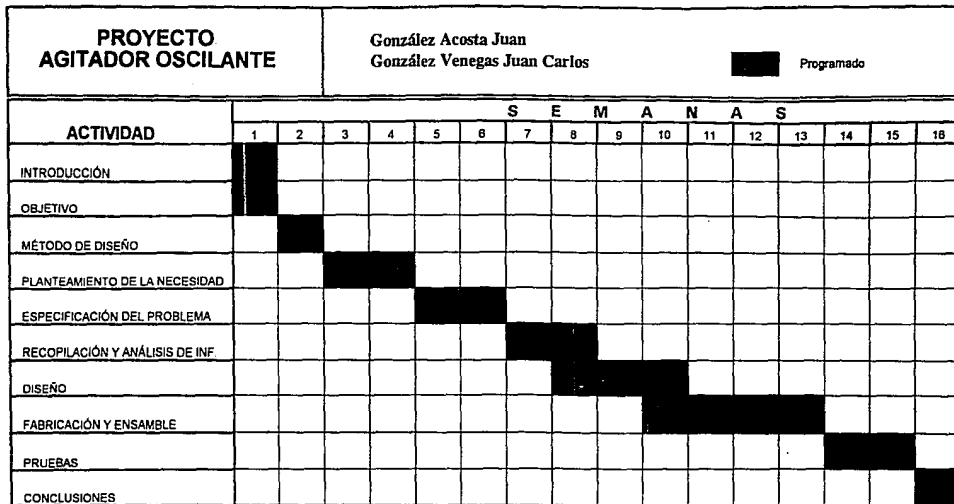


Figura 1. DIAGRAMA DE PLANEACION.

# **CAPITULO 1**

## **MÉTODO DE DISEÑO**



Las actividades relacionadas con la ingeniería de diseño, requieren del seguimiento de un método de diseño para su optimización, con lo cual se mejora la eficiencia y funcionalidad de las actividades. Con esto se reducen tiempos de trabajo, costos y en general se aprovechan al máximo los recursos disponibles.

El método de diseño es una metodología que sirve para resolver problemas de distinta índole en áreas relacionadas con la ingeniería.

El método de diseño no es un procedimiento automático ni sistemático, es una herramienta de trabajo. No es automático en cuanto a que no resuelve problemas por el hecho de aplicarlo, hay que interactuar con el proceso para encontrar soluciones. El proceso no pretende restringir la creatividad, sino complementarla y enfocarla por senderos útiles y reales.

El diagrama de bloques que se muestra en la figura 2, representa el método de diseño seguido durante el desarrollo de este proyecto. Para facilitar su comprensión se dividió en tres secciones: definición del problema, diseño y manufactura. Es importante mencionar que hay algunas etapas dentro del método que se realizan en forma iterativa hasta llegar a una solución óptima.

A continuación se definen brevemente cada una de las secciones contenidas dentro del Método de Diseño.

En la primera sección "Definición del Problema", se plantea cómo surge el problema, se establecen criterios y restricciones con base en las necesidades, y se realiza la investigación y análisis de la información con el fin de reunir los elementos necesarios para lograr una solución óptima.

En la segunda sección "Diseño", se realiza una división del problema en sistemas con el fin de facilitar la generación de alternativas, la evaluación y obtener una solución óptima basada en las etapas anteriores. En la última etapa del diseño (diseño de detalle), se realizan los cálculos y planos de los elementos que integran al agitador.

En la última sección "Manufactura" se lleva a cabo la fabricación y ensamble del prototipo, así como las pruebas que nos ayudan a evaluar el funcionamiento del mismo .

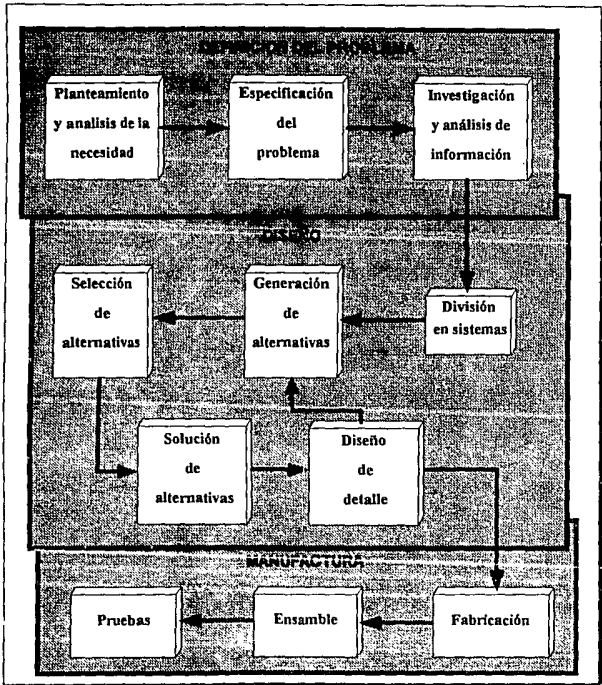


Figura 2. METODO DE DISEÑO.

# **CAPITULO 2**

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

## **2.1 PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA NECESIDAD**

En esta etapa se determina el desarrollo del problema y se plantea en forma general, sin detallar aspectos específicos.

Habiéndonos enterado de las necesidades de la DGSM por la falta de equipo clínico, surgió el interés de apoyar a la institución antes mencionada, mediante el diseño y fabricación de nuevo equipo.

En los laboratorios clínicos de esta dependencia universitaria se realizan diversas pruebas y análisis que requieren de equipos especiales y aporten resultados confiables. En la gran variedad de equipo, se encuentran aquellos que sirven para la agitación y homogenización de fluidos orgánicos, en este caso particular sangre.

Para homogenizar la sangre, es necesario tener un movimiento y una velocidad constante, ya que si la velocidad es muy alta los glóbulos rojos se pueden romper, y si la velocidad es baja, la mezcla no se homogenizará. Es necesario una máquina que pueda agitar a la vez, un máximo de 25 tubos, ya que la demanda de pruebas clínicas es muy grande y sería imposible hacerlas manualmente, además se requiere un determinado tiempo de agitación.

En este sentido, nuestro problema fue el de diseñar y fabricar un agitador oscilante capaz de homogenizar por agitación una muestra de fluido orgánico, sangre más anticoagulante, con el fin de obtener la cantidad de glóbulos rojos y blancos. Para realizar este proceso, la máquina cumple con ciertas especificaciones y restricciones (requisitos) que se detallan en la secciones 2.2.3, 2.2.4 y 2.2.5. Algunas de las más importantes son:

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| - Velocidad de oscilación | 20 ciclos/minuto                   |
| - Ángulo de oscilación    | 45°                                |
| - Alimentación            | 127 volts corriente alterna (C.A.) |
| - Capacidad de agitación  | 25 tubos de ensaye                 |

Para la solución del problema se determinaron las características básicas, se definieron fronteras, así como criterios y restricciones que se consideraron durante la toma de decisiones. Lo anterior se puede representar en la figura 3, como un estado A ( inicial ) simbolizado por la sustancia que entra al SISTEMA ( agitador oscilante ) y un estado B ( final ) constituido por la sustancia que sale del agitador.

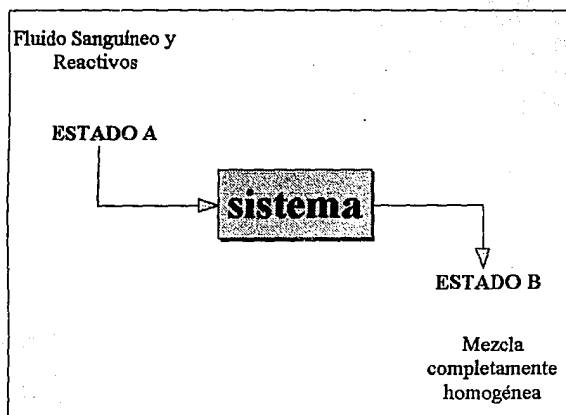


Figura 3. DIAGRAMA REPRESENTATIVO DEL PROBLEMA

## 2.2 ESPECIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Todo proyecto debe reunir una serie de requisitos que condicionan el problema, además de establecer los parámetros que se deben seguir durante su desarrollo.

Estos requisitos son los criterios y restricciones planteados por la DGSM, son de tipo específico y característicos para cada necesidad. Principalmente son de carácter económico, estético y funcional, buscando además una operación adecuada y eficiente, durabilidad y facilidad de mantenimiento. A continuación se muestra la relación de necesidades:

### 2.2.1 ENTRADA: FLUIDO SANGUÍNEO

( ESTADO INICIAL A )

VARIABLES DE ENTRADA	LIMITACIONES DE ENTRADA
CONDICIONES DE TEMPERATURA	( 15 - 28°C ) TEMP. AMBIENTE
PROPIEDADES DE LA SANGRE	VISCOSIDAD HUMANA
DIMENSIONES DE LOS TUBOS	DIAM. máx. = 10mm L máx. = 75mm
VOL. DE LA MUESTRA DE SANGRE	2 mililitros
CANTIDAD DE TUBOS	1 - 25 TUBOS
MATERIAL DE LOS TUBOS	VIDRIO
CARACTERÍSTICA DE LOS TUBOS	TUBO DE ENSAYE TAPADO
POSICIÓN DE LOS TUBOS	HORIZONTAL



**2.2.2 SALIDA: MEZCLA TOTALMENTE HOMOGÉNEA****( ESTADO FINAL B )**

<b>VARIABLES DE SALIDA</b>	<b>LIMITACIONES DE SALIDA</b>
VOLUMEN DE LA MUESTRA PROPIEDADES DEL PRODUCTO	100% DE LA SUST. DE ENTRADA MEZCLA HOMOGÉNEA

**2.2.3 ESPECIFICACIONES:**

- La energía utilizada deberá ser corriente eléctrica a 127 volts C.A. 60 Hertz (Hz)
- La capacidad de la máquina será de 25 tubos de ensaye como máximo

**2.2.4 RESTRICCIONES:**

- El proceso de agitación deberá ser mediante un movimiento oscilante
- La velocidad de oscilación de la charola deberá ser de 20 ciclos/min. Aproximadamente
- El ángulo máximo permitido de oscilación es de 45°

- El tiempo máximo del proceso de agitación deberá ser de 3 min. y el mínimo de 2 min

### **2.2.5 CRITERIOS:**

- Evitar al máximo vibraciones y ruidos en la máquina
- Máquina portátil y de peso ligero
- Fácil manejo y mantenimiento
- Bajo costo de fabricación (N\$ 1,000.00 Máximo)
- Aspecto atractivo
- Fácil Limpieza

### **2.2.6 USO:**

- Para laboratorios clínicos con operación secuencial (Aprox. 8 horas al día, 5 días a la semana)
- Bancos de sangre
- Hospitales

## **2.3 INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Esta etapa comprende mucho trabajo de recopilación y procesamiento de información. El resultado es una definición del problema, que se espera maximice las probabilidades de hallar una solución óptima.

Para el desarrollo de un proyecto, el diseñador debe tener a su alcance toda la información necesaria para desarrollar e implementar dicho proyecto, esta información se encuentra contenida en documentos como libros, revistas, manuales, artículos científicos, etc.

Para el estudio del agitador oscilante, se hicieron una serie de actividades para desarrollar el mejor diseño de la máquina y cumplir con todas las condiciones establecidas anteriormente.

La primera actividad que se llevó a cabo, fue ir a la Dirección General de Servicios Médicos (DGSM) de la UNAM, con el fin de observar el equipo que tiene. Se identificaron los problemas que se presentan durante el funcionamiento de este tipo de equipo y las necesidades que tiene el personal para hacer las pruebas clínicas.

Como segunda actividad para la recopilación de información se recurrió a bibliotecas, instituciones clínicas, entrevistas con personas relacionadas con el tema, etc.

Se buscaron algunos artículos publicados sobre estas máquinas y en la revista de Información Científica y Tecnológica de CONACYT. Se encontró que en la Facultad de Medicina de la UNAM, se había diseñado un agitador de tubos de ensaye para pruebas de sangre.

Posteriormente, se acudió a la Facultad de Medicina para observar y obtener información acerca de estas máquinas. El equipo que ellos diseñaron se conoce con el nombre de Vortex, este puede agitar uno o varios tubos de ensaye; sin embargo, existe un inconveniente ya que el personal encargado de hacer las pruebas sostiene los tubos con la mano, lo cual no es muy recomendable.

En esta visita el doctor encargado del laboratorio nos mostró varios tipos de agitadores que ahí se utilizan, no siendo adecuados para el diseño que planteamos. Lo que se pudo ver en estos aparatos fue el tipo de mecanismos por el cual se movían. Esta información fue de gran utilidad para hacer el diseño más apropiado.

Como tercera actividad, se recurrió a diseños anteriores realizados en la Facultad de Ingeniería. Estas máquinas no cumplieron con algunas especificaciones, por lo que esta actividad solamente ayudó a generar más alternativas que se consideraron en la toma de decisiones.

Finalmente, se recopiló información de libros, catálogos y revistas acerca de mecanismos de transmisión, sistemas de sujeción, sistema motriz, materiales, etc; como ayuda para la realización del diseño.

En general toda la información analizada hasta ahora sirvió para tomar decisiones adecuadas y lograr con esto un diseño óptimo.

# **CAPITULO 3**

## **DISEÑO**

Una vez concluida la recopilación y análisis de la información, el siguiente paso fue la división en sistemas de acuerdo con el método de diseño.

Para un análisis más sencillo, el diseño fue dividido en sistemas lo que simplificó las soluciones. Los sistemas deben ser tan numerosos, como lo requieran la complejidad del diseño y las uniones de estos sistemas son los eslabones que forman la máquina (prototipo).

El diseño del agitador oscilante se dividió en cinco sistemas, los cuales son:

- Sistema de Transmisión
- Sistema Motriz
- Sistema Estructural
- Sistema Contenedor
- Sistema de Encendido

Cada una de estas divisiones (sistemas) tiene una razón técnica y generan funciones que están relacionadas entre sí. Estas funciones son: movimiento de la charola, transmisión de potencia, apariencia estética, soporte de los tubos de ensaye y control.

La figura 4, muestra el diagrama de la división del agitador en sistemas

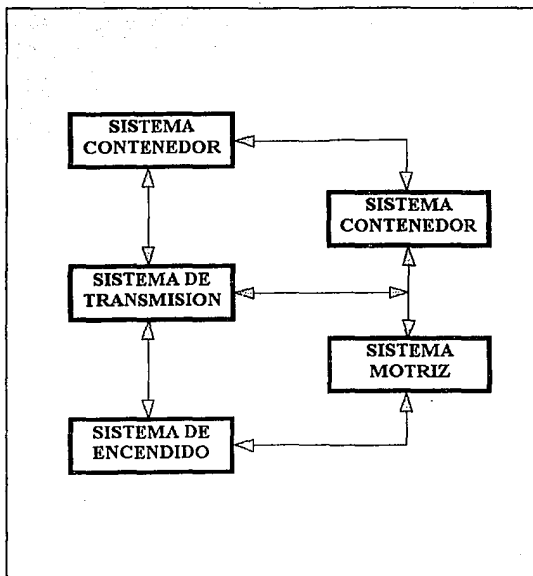


Figura 4. SISTEMAS QUE CONSTITUYEN EL AGITADOR

Los sistemas fueron diseñados en orden de acuerdo a la importancia que representan para el agitador en conjunto.

A continuación se describen cada uno de los sistemas justificando el orden de su importancia:

a) El sistema de transmisión, es el encargado de generar el movimiento alternativo que realiza la función de mezclado, por lo tanto, se consideró el más importante y los demás sistemas están en función de él. b) El sistema motriz es el que suministra la potencia y velocidad necesaria para un adecuado proceso de mezclado. c) El sistema estructural es el encargado de contener a los demás sistemas, además de dar apariencia estética al equipo. d) El sistema contenedor es el encargado de sujetar los tubos de ensaye y mantenerlos en una posición determinada. e) El sistema de encendido es el que suministra y corta la corriente eléctrica para el funcionamiento del aparato.



## 3.1 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

La generación de alternativas (soluciones posibles) es un paso de intensa actividad creativa. Es importante no limitar conscientemente las soluciones posibles. El objeto que se persigue es obtener un conjunto de soluciones posibles para satisfacer la necesidad establecida anteriormente. La validez de estas posibles soluciones se analizarán más adelante. Cualquier alternativa generada en esta etapa, se considera como válida por descabellada que esta pueda parecer.

La manera de generar soluciones puede ser individual o en grupo. Si es individual las alternativas habrán sido pensadas por el diseñador. Si es en grupo, la discusión e interacción entre los distintos miembros del grupo puede generar un mayor número de alternativas posibles ( tormenta de ideas ).

Es importante mencionar que para el sistema estructural no se generaron alternativas de solución, esto no implica que este sistema haya carecido de importancia, si no que ya se contaba con una idea específica de la forma de la estructura. La forma de esta estructura es un poco compleja, pero permite lograr una estética más adecuada para un laboratorio clínico.

En la figura 5 se muestra el conjunto de alternativas que se generaron para la solución de este problema.

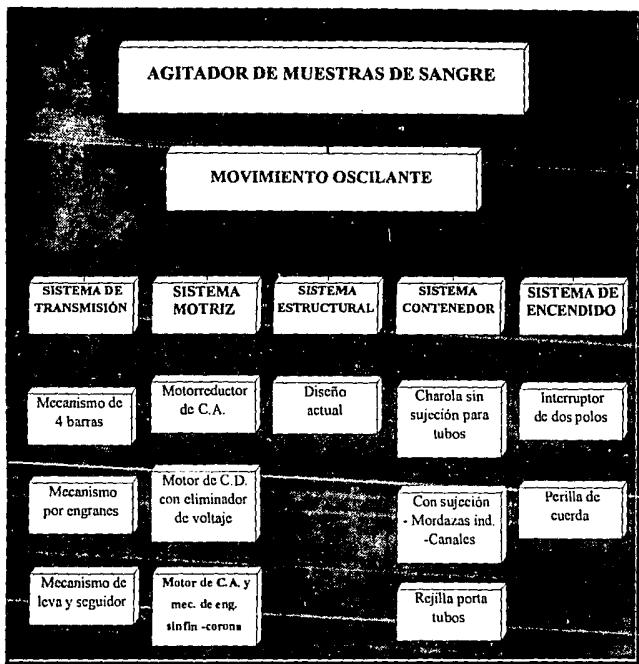


Figura 5. DIAGRAMA ARBOL FUNCION / MEDIO

## **3.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN**

Este sistema es el encargado de transformar el par producido, por el sistema motriz en un movimiento con ciertas características (en este caso un movimiento alternativo). La transmisión se puede realizar mediante un eslabonamiento (mecanismo de barras), un sistema de engranes, bandas y poleas o un sistema de levas.

En esta fase inicial del diseño se pueden tomar en cuenta factores tales como: procesos de manufactura, materiales, seguridad, confiabilidad, etc.

### **3.2.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

- Mecanismo de cuatro barras
- Mecanismo por engranes
- Mecanismo de leva y seguidor

Una vez que las alternativas de solución fueron establecidas, se describió brevemente las características de cada una de ellas.

### 3.2.2 MECANISMO DE CUATRO BARRAS

Este mecanismo es un conjunto de cuerpos rígidos (barras) conectadas por medio de articulaciones móviles.

La barra 2 (manivela) va fija al eje del motor y tiene una rotación continua, la barra 3 (acoplador) está unida a la manivela y a la barra 4 (oscilador) por medio de articulaciones móviles. La barra 1 es imaginaria, ya que sus extremos son articulaciones fijas de la manivela y el oscilador. Este conjunto es un mecanismo oscilador que genera el movimiento alternativo de la base móvil del agitador. (ver figura 6)

#### 3.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- Requiere de un mínimo mantenimiento
- Bajo costo de fabricación
- Mecanismo de funcionamiento silencioso
- Mecanismo que ocupa poco espacio
- La potencia se transmite con buena eficiencia
- Mecanismo de peso ligero
- Se pueden presentar problemas de desgaste en pernos y bujes, provocando desajuste del mecanismo
- La precisión del movimiento se la da el ajuste de los componentes, pero se puede presentar variación de movimiento si no se tiene exactitud en las dimensiones de las barras

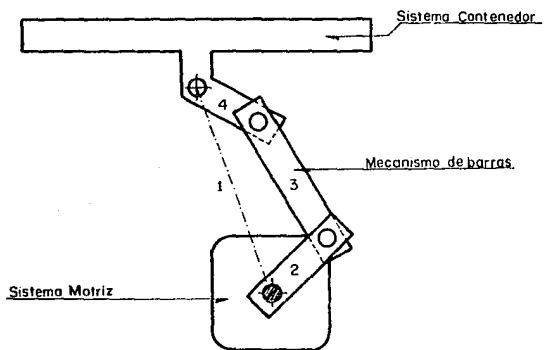


Figura 6. MECANISMO DE CUATRO BARRAS

### 3.2.3 MECANISMO POR ENGRANES

Los engranes constituyen uno de los mejores medios disponibles para transmitir el movimiento rotatorio de un eje a otro.

Este mecanismo de transmisión consta de una polea acoplada al eje del motor, que transmite el movimiento por medio de una barra (acoplador) al engrane de forma especial (oscilador). Este engrane se mueve oscilatoriamente por la acción de la barra (acoplador) y transmite este movimiento a otro engrane que va fijo a la base de la charola, haciendo que ésta proporcione el movimiento deseado (ver figura 7).

#### 3.2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- Mecanismo que requiere bajo mantenimiento
- Relativo alto costo de fabricación
- Mecanismo que produce poco ruido
- Mecanismo que ocupa mayor espacio que el anterior
- La potencia se transmite con buena eficiencia
- Peso en función del material empleado
- Se presenta desgaste, principalmente en los pernos
- Sistema que genera un movimiento preciso, pero se puede presentar variación en el movimiento si no se tiene precisión en la fabricación y el ensamble de las piezas

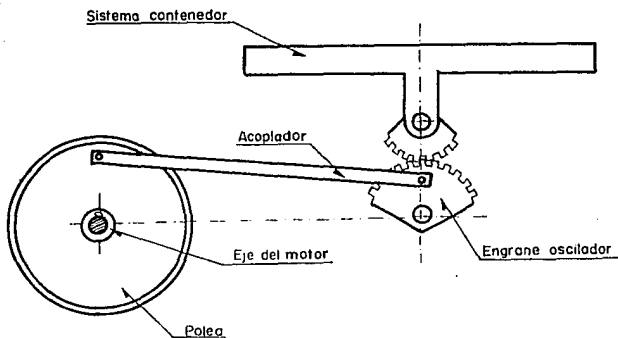


Figura 7. MECANISMO POR ENGRANES

### **3.2.4 MECANISMO DE LEVA Y SEGUIDOR**

Una leva es un elemento mecánico que sirve para impulsar a otro elemento, llamado seguidor para que desarrolle un movimiento específico, por contacto directo.

En este sistema de transmisión, la leva va unida al eje del motor, de tal forma que al girar produzca el movimiento oscilatorio del seguidor. En este caso, el seguidor forma parte de la base del agitador y está apoyado en el centro de rotación de dicha base. Con la ayuda de un resorte, que actúan en la parte interior de la estructura, se logra que el seguidor siempre esté en contacto con el perfil de la leva, para lograr un movimiento continuo. Este mecanismo en conjunto permitirá que al completarse una revolución del motor, la base haya tenido un ciclo oscilatorio completo (ver figura 8).

#### **3.2.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Mecanismo que requiere de bajo mantenimiento
- El costo de fabricación es función de la complejidad de la leva
- El sistema produce ruido si se trabaja a altas revoluciones
- El mecanismo requiere de espacio para su acoplamiento
- La potencia y el par se transmiten con buena eficiencia
- Peso en función de los materiales empleados
- Se presenta desgaste en el perfil de la leva y el seguidor
- La precisión del movimiento dependerá del grado de exactitud logrado durante la fabricación



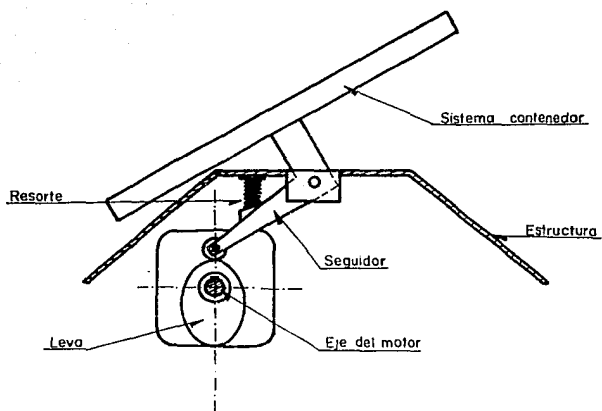


Figura 8. MECANISMO DE LEVA Y SEGUIDOR

### **3.3 SISTEMA MOTRIZ**

El sistema motriz tiene la función principal de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, que proporcione la potencia requerida para el movimiento de agitación. El sistema motriz debe cubrir los rangos de velocidad adecuados. Para ello está constituido por un motor que proporciona el par necesario, junto con un dispositivo reductor de velocidad, si se requiere. Las alternativas de solución presentadas a continuación deben cumplir con los requisitos descritos en los capítulos anteriores.

#### **3.3.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

- Motorreductor de corriente alterna (C.A.)
- Motor de corriente directa (C.D.) con eliminador de voltaje
- Motor de corriente alterna con engranes sinfín y corona

A continuación se procede a describir las características de cada una de las alternativas de solución que fueron establecidas.

### 3.3.2 MOTORREDUCTOR DE C.A.

En este caso la potencia y la velocidad son generadas por un motor de corriente alterna acoplado a un sistema de transmisión (reductor). El conjunto de motor y reductor está integrado en un solo elemento llamado motorreductor. Este sistema es muy funcional, ya que realiza una reducción de velocidad eficiente, obteniéndose una velocidad adecuada para es este caso es una baja velocidad.

#### 3.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- Alto costo de adquisición
- Requiere de un mínimo mantenimiento
- Sistema de funcionamiento silencioso
- Sistema que ocupa poco espacio
- Sistema de peso ligero
- Difícil adquisición en el mercado
- Proporciona eficientemente una baja velocidad
- Permite un acoplamiento directo al sistema de transmisión

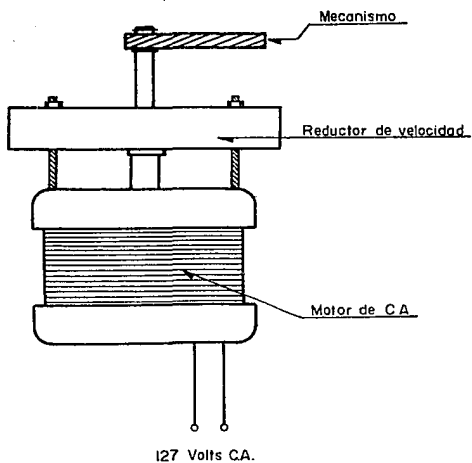


Figura 9. MOTORREDUCTOR DE CORRIENTE ALTERNA

### 3.3.3 MOTOR DE C.D. CON ELIMINADOR DE VOLTAJE

El motor de corriente directa (C.D.) tiene la característica de poder controlar la velocidad hasta muy bajas revoluciones por minuto (R.P.M.) y obtener un buen par de rotación tanto en el arranque como a baja velocidad.

Este motor proporciona directamente la potencia y la velocidad requerida para los fines específicos de este problema, sin la necesidad de sistemas mecánicos auxiliares (reductores de velocidad). Debido a que la línea de alimentación disponible es de 127 volts C.A. Se requiere de un eliminador de voltaje que le proporcione una alimentación al motor de 12 volts C.D.

#### 3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- Costo de adquisición medio-alto
- Debido a las variaciones de voltaje en la Ciudad de México, puede sufrir daños el eliminador de voltaje frecuentemente
- Sistema de funcionamiento silencioso
- Sistema que ocupa mayor espacio (por el eliminador)
- Sistema de mayor peso que el anterior
- Gran variedad en el mercado de motores de C.D. para diversas capacidades y bajas velocidades
- Proporciona eficientemente una baja velocidad
- Acoplamiento directo al sistema de transmisión

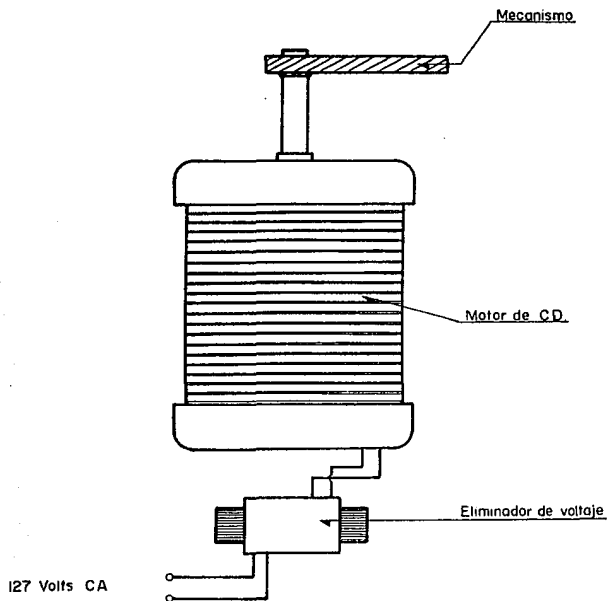


Figura 10. MOTOR DE C.D CON ELIMINADOR DE VOLTAJE

### **3.3.4 MOTOR DE C.A. Y MECANISMO DE ENGRANES SINFIN CORONA**

En este caso la potencia es generada por un motor de C.A. de alta velocidad, que para una alimentación de 60 Hz. puede girar a: 3600, 1800, 1200 RPM o cualquier submúltiplo de 3600.

Por otra parte, el sistema reductor es un mecanismo que consta de dos engranes sinfin y dos engranes corona, acoplados adecuadamente, por medio de los cuales la velocidad sea reducida.

#### **3.3.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Costo de adquisición medio-alto
- Mantenimiento frecuente al mecanismo de engranes
- Sistema que produce un poco de ruido
- Requiere de gran espacio para su acoplamiento
- Peso en función de los materiales empleados
- Gran variedad en el mercado de motores de C.A. de diferentes capacidades
- Proporciona eficientemente una baja velocidad
- Se requiere de acoplamiento entre el motor y los engranes

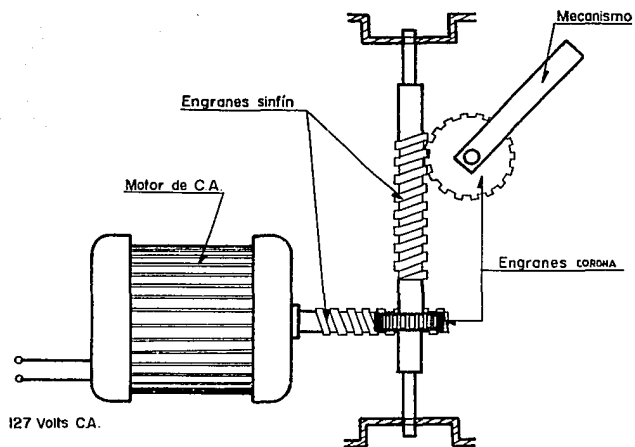


Figura 11. MOTOR DE C.A Y MECANISMO DE ENGRANES SINFÍN - CORONA



### **3.4 SISTEMA CONTENEDOR**

Este sistema tiene la función de contener y sujetar a los tubos de ensaye con la mayor seguridad posible.

Es fundamental evitar al máximo que los tubos de ensaye se desplacen de un lugar a otro durante el tiempo de agitación. Para tal fin se pueden emplear diversas formas de sujeción y contención como: recipiente que albergan a los tubos, limitados por el espacio entre las paredes; recipientes con canales del tamaño de los tubos; recipientes de rejillas; sujeciones mecánicas por medio de resortes para impedir que los tubos se muevan, etc. Todos estos sistemas deben ser diseñados con el fin de lograr la fácil manipulación de los tubos y la integridad de los mismos.

#### **3.4.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

- Charola para tubos sin sujeción
- Charola para tubos con sujeción (mordazas individuales)
- Charola para tubos con sujeción (canales del tamaño de los tubos)
- Rejilla porta-tubos

A continuación se procede a describir las características de cada una de las alternativas de solución que fueron establecidas.

### **3.4.2 CHAROLA PARA TUBOS SIN SUJECIÓN**

Este sistema está constituido por una charola de forma curva, cuyas paredes limitan el espacio de los tubos. La charola tiene una ceja en la parte superior de una de la paredes, la cual impide que los tubos de ensaye se salgan de la charola. Esta ceja es más pequeña que la pared a la cual está sujeta, por lo tanto, se forman dos espacios en ambos extremos de la charola, uno para la colocación de los tubos de ensaye y otro para el retiro de los mismos. Todo esto es con el fin de tener una mejor manipulación de los tubos.

#### **3.4.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Proporciona una seguridad adecuada a los tubos y permite una fácil manipulación de estos
- Bajo peso
- Bajo costo de fabricación
- No requiere de mantenimiento
- Puede contener un gran número de tubos
- Fácil limpieza
- Buena apariencia estético

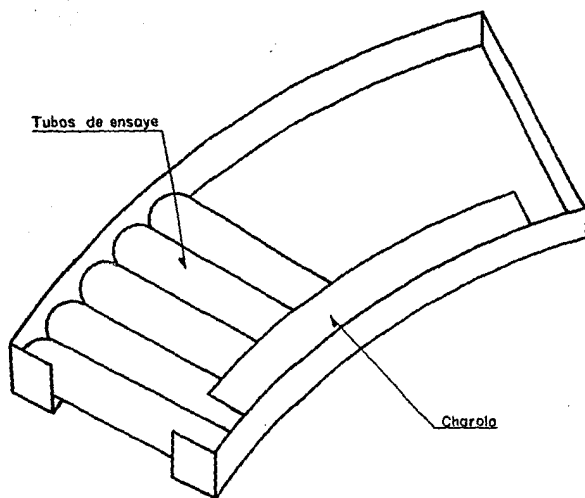


Figura 12. CHAROLA PARA TUBOS SIN SUJECIÓN

### **3.4.3 CHAROLA PARA TUBOS CON SUJECCIÓN (MORDAZAS INDIVIDUALES)**

Este sistema está constituido por una charola rectangular, con capacidad de contener varios tubos de ensaye a la vez. La sujeción de los tubos se realiza mediante resortes localizados en el interior de las cavidades, que tienen forma similar a la de un tubo de ensaye. Estas cavidades se encuentran en una de las paredes longitudinales de la charola.

La sujeción se logra al colocar el tubo en una cavidad y al hacer presión contra el resorte, éste ejercerá una fuerza que aprisionará al tubo de ensaye contra la pared longitudinal opuesta, y de esta forma se impide el movimiento del tubo.

#### **3.4.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Máxima seguridad de sujeción a los tubos
- Peso considerable
- Alto costo de fabricación
- Requiere un mínimo mantenimiento
- Capacidad limitada de tubos de ensaye
- Fácil limpieza
- Estética adecuada para un laboratorio clínico
- De construcción compleja

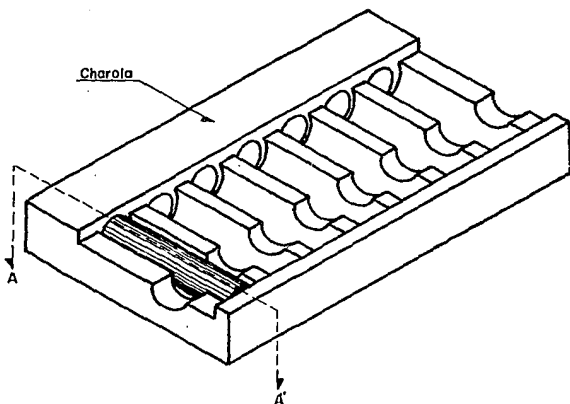
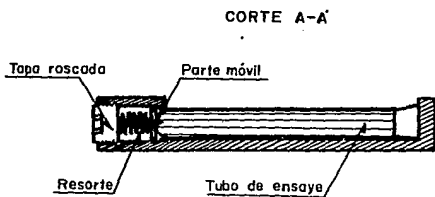


Figura 13. CHAROLA PARA TUBOS CON SUJECIÓN  
(MORDAZAS INDIVIDUALES)

### **3.4.4 CHAROLA PARA TUBOS CON SUJECIÓN (CANALES DEL TAMAÑO DE LOS TUBOS)**

En este sistema contenedor, los tubos son colocados en una serie de canales del tamaño del tubo de ensaye. La capacidad de la charola depende del número de canales con que cuenta esta charola. La forma de sujeción es eficiente debido a que impide el desplazamiento de los tubos.

#### **3.4.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Buena seguridad de sujeción a los tubos
- Bajo peso
- Costo medio de fabricación
- No requiere de mantenimiento
- Capacidad limitada de tubos de ensaye
- Fácil limpieza
- Estética adecuada para un laboratorio clínico
- De construcción compleja

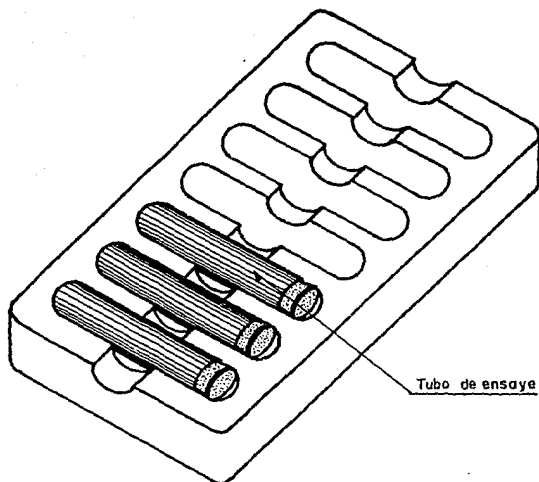


Figura 14. CHAROLA PARA TUBOS CON SUJECIÓN  
(CANALES DEL TAMAÑO DE LOS TUBOS)

### **3.4.5 REJILLA PORTA-TUBOS**

Este sistema contenedor está constituido por una rejilla de alambre, la estructura de esta rejilla forma los espacios del tamaño del tubo de ensaye. La rejilla cuenta con dos paredes, una de las cuales está fija e impide que los tubos se salgan y la otra es una puerta, que al abrirla permite la manipulación de los tubos.

#### **3.4.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

- Proporciona una seguridad adecuada a los tubos
- Peso considerable
- Bajo costo de adquisición
- No requiere de mantenimiento
- Permite contener un gran número de tubos
- Limpieza laboriosa
- Nada estético
- Fácil adquisición en el mercado



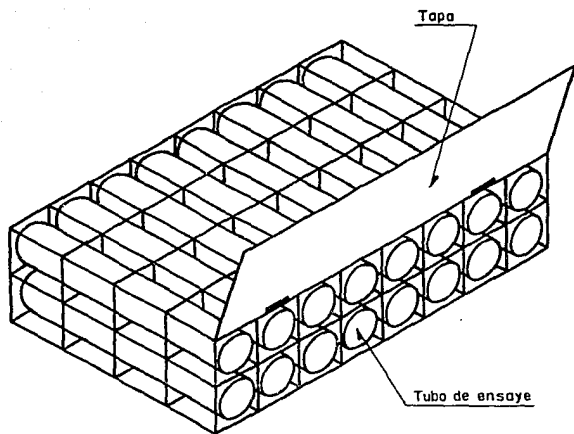


Figura 15. REJILLA PORTA - TUBOS

## 3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una de las dificultades más grandes dentro de la etapa de diseño, es la de tomar una decisión correcta. De esta decisión dependerán muchos esfuerzos, trabajo y cierta cantidad de dinero. El principal objetivo al seleccionar entre varias alternativas, es encontrar aquella solución al problema que satisfaga ampliamente los requisitos establecidos en el proyecto.

Cuando se presentan varias alternativas entre las cuales se deben seleccionar, es necesario establecer un patrón común con el cual medirlas, a fin de poder compararlas y elegir una de ellas. Este patrón que nos sirve para medir y encontrar una solución al problema se denomina **criterio**.

Después de haber definido las posibles soluciones para cada uno de los sistemas que integran la máquina, es necesario evaluarlas y seleccionar la mejor solución con base en diferentes criterios.

Los criterios utilizados para seleccionar el mejor diseño fueron identificados durante el análisis del problema, y generalmente no cambian de sistema a sistema. Por ejemplo; costo de fabricación, confiabilidad, facilidad de mantenimiento, etc, pero lo que si cambia significativamente es la importancia relativa de cada uno de los criterios.

En el capítulo 2 "Definición del problema" se establecieron los criterios que condicionan el problema. A continuación se describen brevemente estos criterios ya que fueron la base fundamental para establecer las características de cada sistema y desde luego poder evaluarlas y seleccionar las alternativas más apropiadas.

**COSTO DE FABRICACIÓN:** Un menor costo es desde luego un primer criterio, aunque no es necesariamente ni el único ni el más importante.

**MANTENIMIENTO:** Este criterio implica que la máquina funcione constantemente, sin tener que pensar continuamente en su mantenimiento, por lo tanto, es un punto importante que se debe tomar en cuenta.

**PESO:** Es un punto de importancia ya que se requiere de una máquina portátil, por lo tanto, este criterio puede influir en las características de los sistemas.

**RUIDO:** Debido a que esta máquina es diseñada para trabajar en un laboratorio clínico y con una operación secuencial, es necesario contar con sistemas que no produzcan ruido molesto para el personal.

**FUNCIONALIDAD:** Es necesario tomar en cuenta aquellos dispositivos que puedan utilizarse con mayor facilidad, para evitar problemas al operario de la máquina.

**CONFIABILIDAD:** Es un punto muy importante ya que se requieren sistemas o elementos que no fallen durante un período específico de tiempo.

**ESTÉTICA:** En la actualidad es importante cuidar la apariencia estética de los productos, sobre todo para lograr una adecuada comercialización.

**DURABILIDAD:** Este criterio es muy importante debido a que la durabilidad está en función de una apropiada selección de materiales y una adecuada manufactura de los elementos, que maximice la correcta operación de los sistemas.

**LIMPIEZA:** Debido a que la máquina será utilizada en un laboratorio clínico, esta deberá cumplir las condiciones de higiene más recomendables para un laboratorio.

Para seleccionar la alternativa definitiva de cada sistema, no fue necesario recurrir a ningún método de decisión en particular, por lo que solamente esta selección se basó en las características de cada alternativa, ya que se mostraban muy claras las ventajas y desventajas presentadas por ellas. Evaluando las características con nuestros criterios, las opciones seleccionadas fueron las siguientes:

SISTEMA	OPCIÓN SELECCIONADA
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	MECANISMO DE 4 BARRAS
SISTEMA MOTRIZ	MOTORREDUCTOR DE C.A.
SISTEMA CONTENEDOR	CHAROLA S/ SUJECCIÓN P/ TUBOS
SISTEMA DE ENCENDIDO	INTERRUPTOR DE DOS POLOS *

- \* No se establecieron características para el sistema de encendido, dado que las dos alternativas presentadas son muy parecidas. Se eligió esta opción por la comodidad y facilidad para encender el equipo.

## 3.6 DISEÑO DE DETALLE

En esta sección se detallan las opciones seleccionadas en la etapa anterior. Esto consiste en especificar las características físicas y materiales de cada componente.

### CALCULOS

#### 3.6.1 SÍNTESIS DEL MECANISMO DE TRANSMISIÓN

Para sintetizar el mecanismo de cuatro barras (manivela-oscilador), esto es obtener las dimensiones de las barras del sistema de transmisión, se recurrió al método desarrollado por Joe Brodell y A.H. Soni\* en el que la razón de tiempos sea  $Q = 1$  (tiempo de avance = tiempo de retorno). De este método se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{r_3}{r_1} = \sqrt{\frac{1 - \cos\phi}{2\cos^2\gamma\min}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{r_4}{r_1} = \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{r_3}{r_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{r_3}{r_1}\right)^2 \cos^2\gamma\min}} \dots\dots\dots (2)$$

\* "Teoría de máquinas y mecanismos" J.E. Shigley Vol.1 p.349

$$\frac{x_2}{x_1} = \sqrt{\left(\frac{x_3}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{x_4}{x_1}\right)^2 - 1} \dots \dots \dots (3)$$

$$\cos\theta_4 = \frac{x_1^2 + x_4^2 - (x_3 - x_2)^2}{2x_1x_4} \dots \dots \dots (4)$$

Para el siguiente mecanismo tenemos:

$\phi = 80^\circ$  es el rango de movimiento de la charola

$\gamma_{\min} \geq 30$  ángulo mínimo de transmisión

Se consideró una  $\gamma = 44^\circ$  ya que investigadores afirman que el ángulo óptimo de transmisión ( $\gamma$ ) debe ser mayor de  $30^\circ$  para lograr un movimiento de buena calidad. La notación anterior se puede ver en la figura 16.

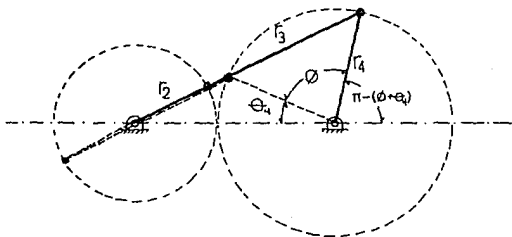


Figura 16. CONFIGURACIÓN DEL MECANISMO DE 4 BARRAS

## TABLA DE DATOS

$\beta$ (°)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (°)	$r_1$ (cm)
50.00	80.00	44.00	5.00

Los resultados fueron obtenidos sustituyendo los datos de la tabla anterior en las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) y resolviendo simultáneamente estas. Se eligió un valor de  $r_1 = 5.00$  cm dadas las limitaciones de espacio.

## TABLA DE RESULTADOS

$r_2$ (cm)	$r_3$ (cm)	$r_4$ (cm)	$\theta_4$ (°)	$\Pi - (\phi + \theta_4)$
1.883	4.468	2.930	23.33	76.67

Una vez obtenidos los resultados se presenta la disposición física del mecanismo de 4 barras (ver figura 17). Éste tendrá una forma especial de tal manera que pueda ser colocado fácilmente y ocupando el menor espacio posible, además de dar la oscilación simétrica respecto al eje vertical.



La barra imaginaria  $r_1$  está girada  $13.33^\circ$  respecto al eje vertical; además la barra  $r_4$  tiene un agregado de 3 cm que nos traslada la posición de oscilación.

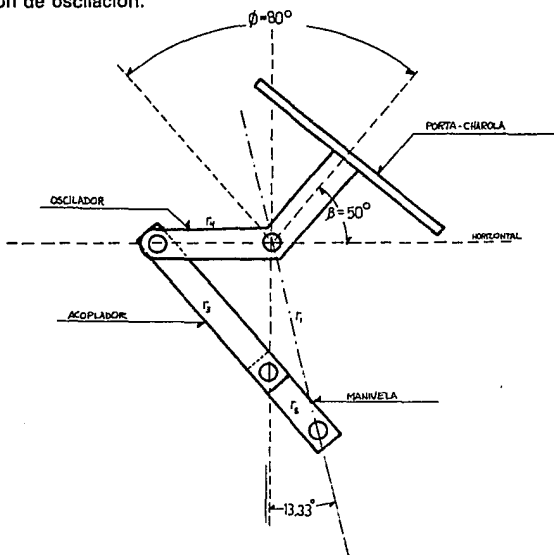


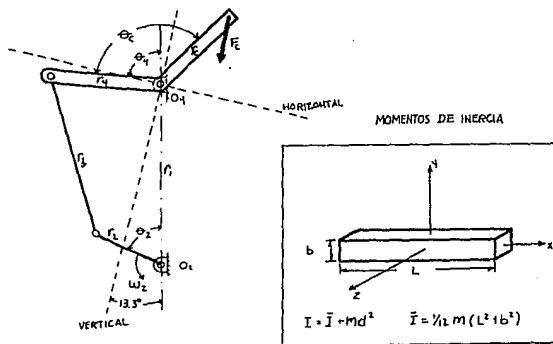
Figura 17. DISPOSICIÓN FÍSICA DEL MECANISMO DE 4 BARRAS

### 3.6.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para obtener la potencia del motor, se hizo un análisis por computadora para la cinemática y dinámica del mecanismo de 4 barras, con este se encontró la posición crítica del mecanismo que implica la máxima potencia requerida por el motor. Este análisis nos proporciona las velocidades y aceleraciones angulares, fuerzas en las barras, el par y la potencia necesaria entre otras.

Las ecuaciones requeridas para realizar el análisis se presentan en forma de texto dentro del programa; el listado del programa se muestra en el anexo 1 donde se podrán ver las ecuaciones utilizadas y la secuencia en que son aplicadas.

La notación que se utilizó es la que aparece en el siguiente diagrama:



Los datos requeridos por el programa deben estar en unidades básicas del Sistema Internacional, los cuales se presentan a continuación:

$$\theta_2 = 63^\circ *$$

$$\omega_2 = 2.1 \text{ rad/s} \quad \text{Velocidad angular del eje del motor (vel. de la barra 2)} \\ 20 \text{ RPM } (1 \text{ min}/60 \text{ s}) (2\pi \text{ rad}/1 \text{ rev}) = 2.1 \text{ rad/s}$$

$$r_1 = 0.05 \text{ m.}$$

$$r_2 = 0.01883 \text{ m.}$$

$$r_3 = 0.04468 \text{ m.}$$

$$r_4 = 0.0293 \text{ m.}$$

Dimensiones de las barras

$$r_{G3A} = 0.02234$$

Localización del centroide de la barra 3

$$r_{G4} = 0$$

Localización del centroide de la barra 4

$$\gamma = 0^\circ$$

Ángulo entre el centroide y el contorno de la barra 3

$$\beta = 0^\circ$$

Ángulo entre el centroide y el contorno de la barra 4

$$m_3 = 0.023 \text{ Kg.}$$

Masa de la barra 3

$$m_4 = 0.0064 \text{ Kg.}$$

Masa de la barra 4

$$I_3 = 1.64 \times 10^{-5} \text{ Kg/m}^2 \quad \text{Momento de inercia de la barra 3}$$

$$= 1/12 m_3(L_3^2 + b_3^2) + m_3 d^2: \quad L_3 = 0.06, b_3 = 0.012 \text{ y } d = 0.02$$

$$I_4 = 2.41 \times 10^{-7} \text{ Kg/m}^2 \quad \text{Momento de inercia de la barra 4}$$

$$1/12 m_4(L_4^2 + b_4^2) + m_4 d^2: \quad L_4 = 0.03, b_4 = 0.002 \text{ y } d = 0$$

$$\theta_c = -130^\circ \quad \text{Ángulo formado de } r_4 \text{ a } r_c$$

$$r_c = 0.03 \text{ m.} \quad \text{Extensión de la barra } r_4$$

$$F_c = 30 \text{ N.} \quad \text{Carga considerada}$$

$$\phi_c = 166.7^\circ \quad \text{Ángulo de la fuerza } F_c \text{ con respecto a la línea de centros}$$

\* Este ángulo es el que define la posición crítica del mecanismo y se obtuvo mediante la iteración de valores aplicados a este mismo programa.

Una vez insertados los valores requeridos al programa, se obtiene la siguiente corrida donde se pueden observar los resultados del análisis por computadora.

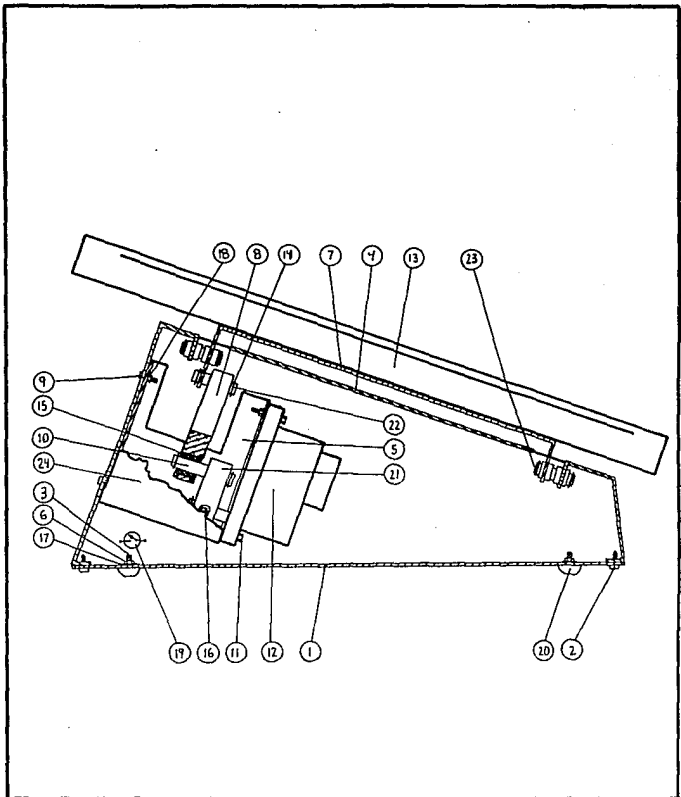
```
O2= 63
W2= 2.1
DIMENSIONES DEL MECANISMO:
R1= .85
R2= .01883
R3= .04468
R4= .0293
CENTROIDES EN 3 Y 4:
RG3A= .02234
RG4= 0
ANGULOS EN LAS BARRAS 3 Y 4:
CANNMA= 0
BETA= 0
MASAS Y MOMENTOS DE INERCIA 3 Y 4:
M3= .023
M4= .0064
I3= .000016
I4= 2.4E-07
FUERZA SOBRE LA BARRA 4:
OC= -130
RC= .03
FC= 30
FIC= 166.7
R5= 4.471806E-02
C5= 22.01589743624258
PSI= 38.76421244652907
LAMMDA= 70.79758889127898
O4= 87.16651367247845
O3= 16.22831501028649
W3= .3833408
W4= 1.040401
AC3= 1.093808          AC4= 1.918804
AXG3= -4.768051E-02   AYG3= -5.144483E-02
AXG4= 0              AYG4= 0
O2= 63
FX23= -15.38249      FY23= -4.478112
T12= .2198003        POT= 6.187408E-04
```

En la potencia obtenida por el programa no se consideran las pérdidas por fricción, por lo tanto se considera conveniente aplicar un factor de seguridad = 2.

Potencia total (Pot) =  $6.19E-4 \times 2$ ; Pot. =  $1.24E-3$  H.P

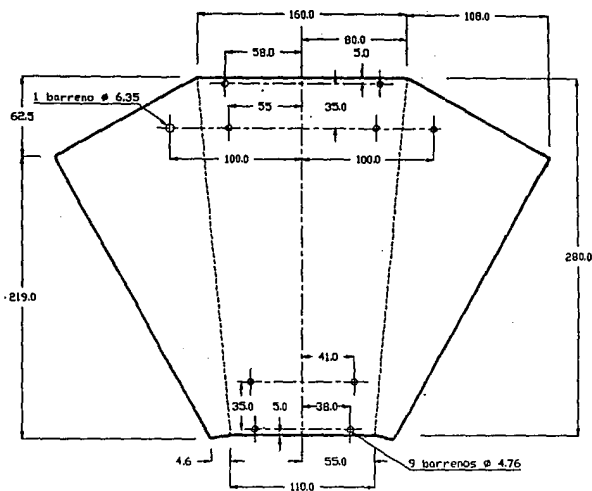
A partir del resultado anterior se concluye que el motor adecuado es de 1/64 H.P. por ser la capacidad comercial más cercana que se encontró.

### 3.6.3 PLANOS



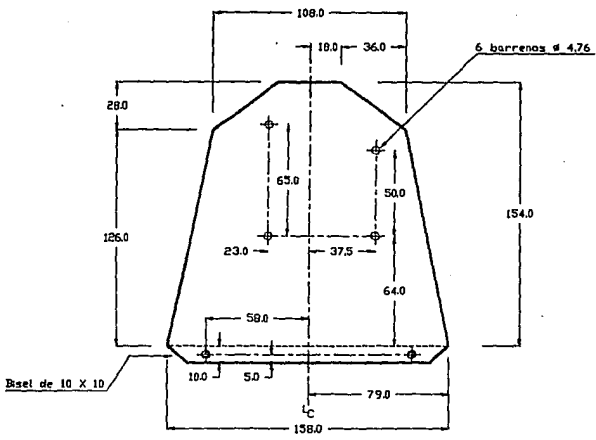
PLANO No: G-1	ETAPA LISTA DE MAT	MATERIAL	DISEÑO JCGV / JGA	
FI-UNAM	GENERAL DE ENSAM.	ESC S/E	ACOT. S/A	DIBUJO: JCGV / JGA
				FECHA 12/SEP/93

24	Soporte del motor izquierdo	1	Ver plano F-6
23	Pernos 3 y 4	2	Ver plano F-12
22	Perno 2	1	Ver plano F-11
21	Barra de transmisión 2	1	Ver plano F-9
20	Goma de hule	4	Comercial
19	Interruptor de dos polos	1	Comercial
18	Tuerca cuadrada 3/16" 24 UNC	8	Tamaño 24 comercial
17	Roldana plana 3/16 x 1/2"	4	Comercial
16	Tornillo prisionero punta plana caja hexagonal	1	Tamaño 6 comercial
15	Buje de bronce D 1/4"	8	Comercial
14	Seguro 5100-25 Truarc	9	Comercial
13	Charola porta-tubos	1	Ver planos F-13 a F-16
12	Motorreductor de 18 RPM	1	Dayton HGM-4019 Comerc
11	Tornillo c. redonda 3/16 x 1" 24 UNC	4	Tamaño 24 comercial
10	Perno 1	1	Ver plano F-10
9	Tornillo c. botón 3/16 x 1/2" 24 UNC	4	Tamaño 24 comercial
8	Barra de transmisión 1	1	Ver plano F-8
7	Porta-charola	1	Ver plano F-7
6	Tuerca cuadrada 1/8" 40 UNC	4	Tamaño 5 comercial
5	Soporte del motor derecho	1	Ver plano F-5
4	Cubierta superior	1	Ver planos F-2 a F-4
3	Tornillo c. redonda 1/8 x 1/2" 40 UNC	4	Tamaño 5 comercial
2	Pija de 1/4 x 1/2" tipo AB 10hpp	4	Comercial
1	Cubierta inferior	1	Ver plano F-1
<b>CLAVE</b>	<b>NOMBRE DE LA PIEZA</b>	<b>CANT.</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

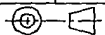


NOTA: VER DOBLEZ FINAL PLANO E-1

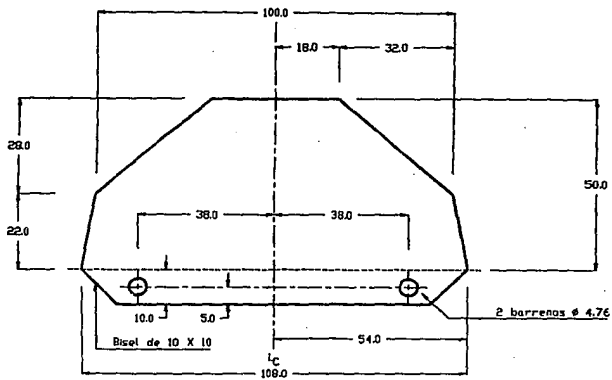
PLANO NO: F-1	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: LAM. ALUMINIO CAL. 18	DISEÑO: JCGV/JGA
	SISTEMA: ESTRUCTURA	ESC: 1 : 4	ACOT: mm
PIEZA: FI-UNAM	CUBIERTA INFERIOR		FECHA: 12/SEP/93



NOTA: VER DOBLEZ FINAL PLANO E-1

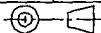
PLANO NO: <b>F-2</b>	ETAPA: <b>FABRICACION</b>	MATERIAL: <b>LAM. ALUMINIO CAL. 18</b>	DISENO: <b>JCGV/JGA</b>
	SISTEMA: <b>ESTRUCTURA</b>	ESC: <b>1 : 2</b>	ACOT: <b>mm</b>
PIEZA: <b>FI-UNAM</b>	<b>CUBIERTA IZQUIERDA</b>		FECHA: <b>12/SEP/93</b>

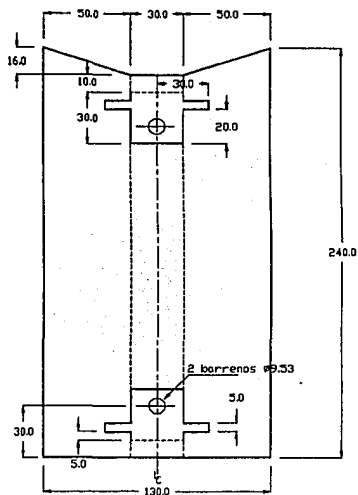




NOTA: VER DOBLEZ FINAL PLANO E-1

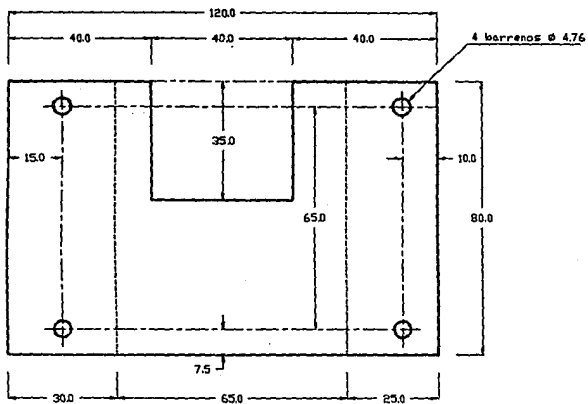
PLANO NO: F-3	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: LAM. ALUMINIO CAL. 18	DISEÑO: JCGV/JGA	
	SISTEMA: ESTRUCTURA	ESC: 1 : 1	ACOT: mm	DIBUJO: JCGV/JGA
PIEZA: FI-UNAM	CUBIERTA DERECHA		FECHA: 12/SEP/93	





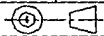
NOTA: VER DOBLEZ FINAL PLANO E-1

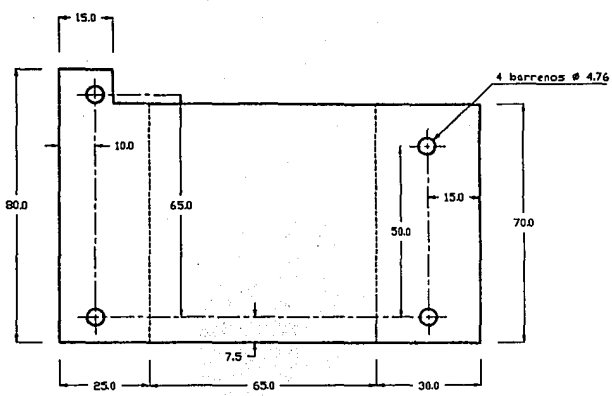
PLANO NO: F-4	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: LAM. ALUMINIO CAL. 18	DISEÑO: JCGV/JGA
	SISTEMA: ESTRUCTURA	ESC: 1 : 2	ACOT: mm
PIEZA: FI-UNAM	CUBIERTA SUPERIOR		FECHA: 12/SEP/93



NOTA: VEZ DOBLEZ FINAL PLANO E-2

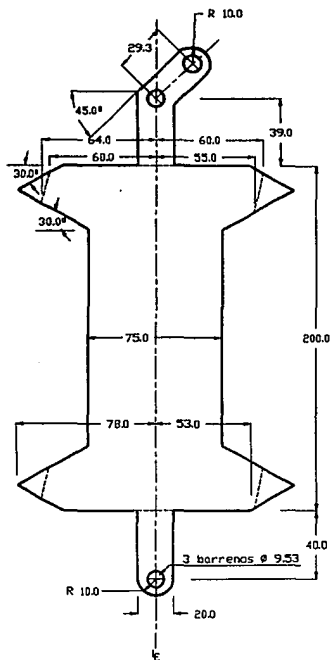
PLANO NO: <b>F-5</b>	ETAPA: <b>FABRICACION</b>	MATERIAL: <b>LAM. ALUMINIO CAL. 18</b>	DISEÑO: <b>JCGV/JGA</b>	
	SISTEMA: <b>ESTRUCTURA</b>	ESC: <b>1 : 1</b>	ACOT: <b>mm</b>	DIBUJO: <b>JCGV/JGA</b>
PIEZA: <b>FI-UNAM</b>	<b>SOPORTE MOTOR DER.</b>		FECHA: <b>12/SEP/93</b>	



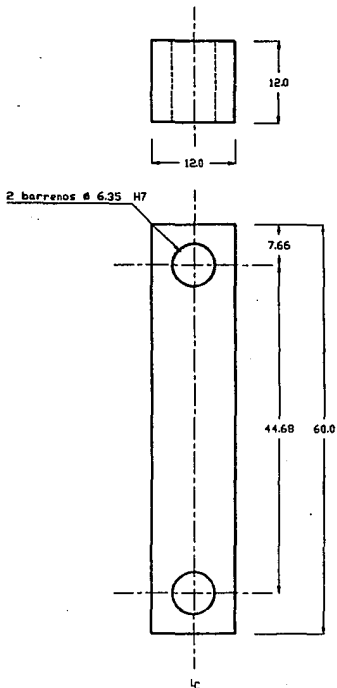


NOTA: VEZ DOBLEZ FINAL PLANO E-2

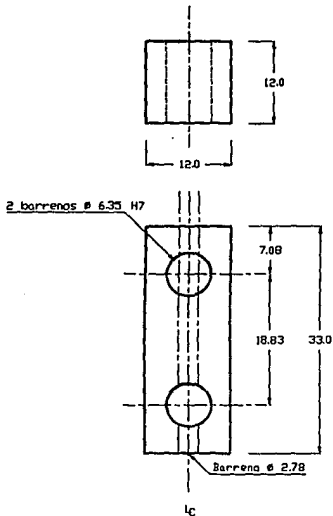
PLANO NO: <b>F-6</b>	ETAPA: <b>FABRICACION</b>	MATERIAL: <b>LAM. ALUMINIO CAL. 18</b>	DISEÑO: <b>JCGV/JGA</b>
	SISTEMA: <b>ESTRUCTURA</b>	ESCA: <b>1 : 1</b>	ACOT: <b>mm</b>
PIEZA: <b>FI-UNAM</b>	<b>SOPORTE MOTOR IZQ.</b>		FECHA: <b>12/SEP/93</b>



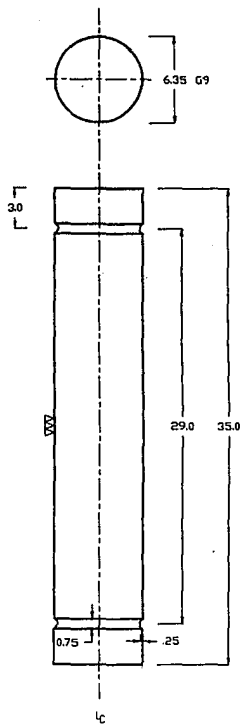
PLANO NO: F-7	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: LAM. ALUMINIO CAL. 18	DISEÑO: JCGV/JGA
	SISTEMA: ESTRUCTURA	ESC: 1 : 2	ACOT: mm
FI-UNAM	PIEZA: PORTACHAROLA		DIBUJO: JCGV/JGA
			FECHA: 12/SEP/93



PLANO NO: F-8	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: BARRA ALUMINIO 12 x 12	DISEÑO: JCGV/JGA
FI-UNAM	SISTEMA: TRANSMISION	ESCALA: 2 : 1	ACOT: mm
	PIEZA: BARRA 1		DIBUJO: JCGV/JGA
			FECHA: 12/SEP/93

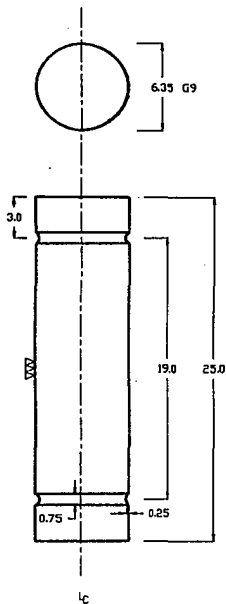


PLANO NO: F-9	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: BARRA ALUMINIO 12 X 12	DISEÑO: JCGV/JGA	
FI-UNAM	SISTEMA: TRANSMISION	ESC: 2 : 1	ACOT: mm	DIBUJO: JCGV/JGA
	PIEZA: BARRA 2			FECHA: 12/SEP/93

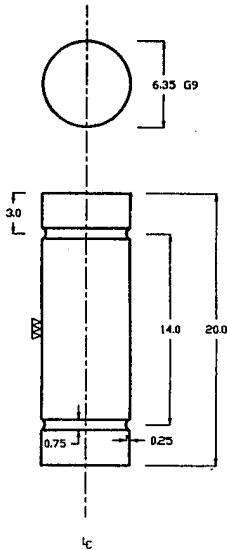


PLANO NO: <b>F-10</b>	ETAPA: <b>FABRICACION</b>	MATERIAL: <b>ACERO TEMP</b>	DISENO: <b>JCGV/JGA</b>
	SISTEMA: <b>TRANSMISION</b>	ESC: <b>4 : 1</b>	ACOT: <b>mm</b>
FI-UNAM	PIEZA: <b>PERNO 1</b>		FECHA: <b>12/SEP/93</b>

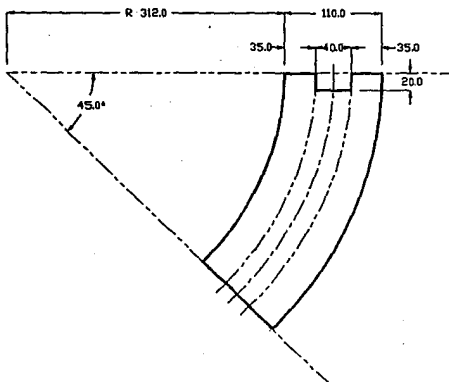




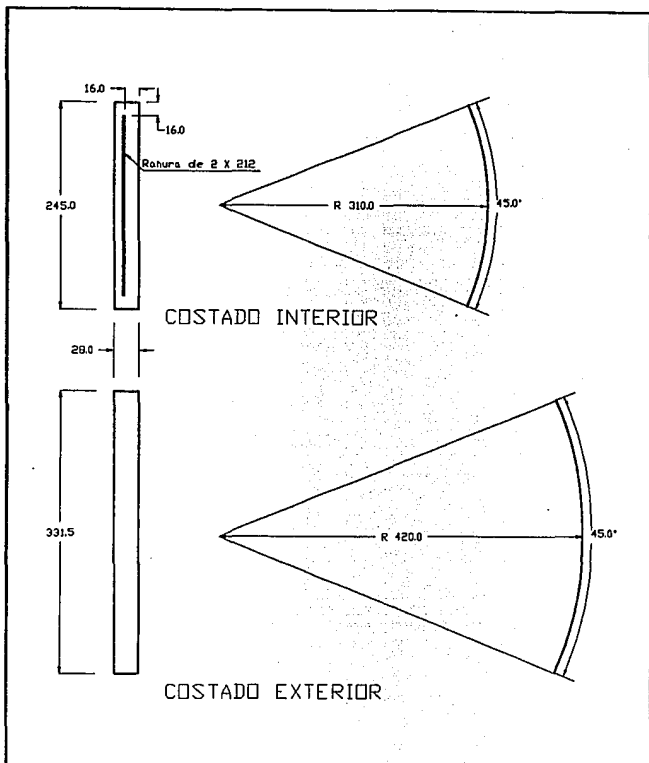
PLANO NO: F-11	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: ACERO TEMP.	DISENO: JCGV/JGA
	SISTEMA: TRANSMISION	ESC: 4 : 1	ACOT: mm
FI-UNAM	PIEZA: PERNO 2		FECHA: 12/SEP/93



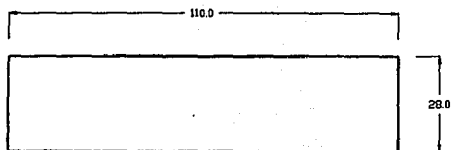
PLANO NO: F-12	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: ACERO TEMP	DISEÑO: JCGV/JGA	
	SISTEMA: TRANSMISION	ESC: 4 : 1	ACOT: mm	DIBUJO: JCGV/JGA
FI-UNAM	PIEZA: PERNO 3 Y 4			FECHA: 12/SEP/93



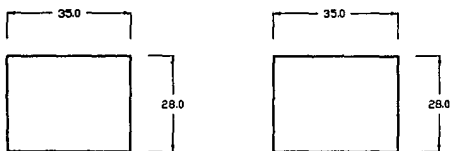
PLANO NO: <b>F-13</b>	ETAPA: <b>FABRICACION</b>	MATERIAL: <b>ACRILICO e 2mm</b>	DISEÑO: <b>JCGV/JGA</b>	
	SISTEMA: <b>CONTENEDOR</b>	ESC: <b>1 : 4</b>	ACOT: <b>mm</b>	DIBUJO: <b>JCGV/JGA</b>
FI-UNAM	PIEZA: <b>CHAROLA</b>			FECHA: <b>12/SEP/93</b>



PLANO NO: F-14	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: ACRILICO e 2mm	DISEÑO: JCGV/JGA
	SISTEMA: CONTENEDOR	ESC: 1 : 4	ACOT: mm
PIEZA: FI-UNAM	COSTADO EXT. E INT.		FECHA: 12/SEP/93

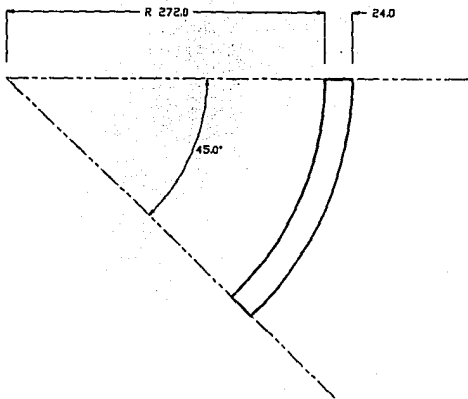


COSTADO DERECHO

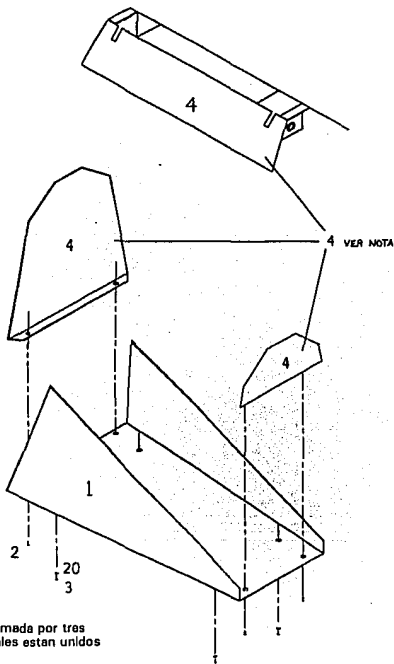


COSTADOS IZQUIERDOS

PLANO NO:	ETAPA:	MATERIAL:	DISEÑO:
F-15	FABRICACION	ACRÍLICO e 2mm	JCGV/JGA
	SISTEMA:	ESC:	DIBUJO:
FI-UNAM	CONTENEDOR	1 : 1	JCGV/JGA
	PIEZA:	ACOT:	FECHA:
	COSTADOS LATERALES	mm	12/SEP/93

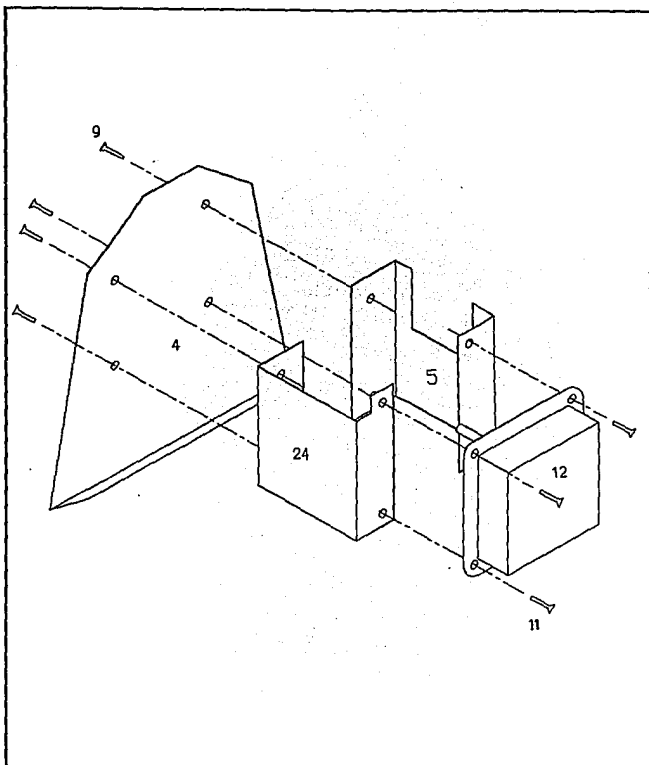


PLANO NO: F-16	ETAPA: FABRICACION	MATERIAL: ACRILICO e 2mm	DISEÑO: JCGV/JGA	
FI-UNAM	SISTEMA: CONTENEDOR	ESC: 1 : 3	ACOT: mm	DIBUJO: JCGV/JGA
	PIEZA: PESTANA			FECHA: 12/SEP/93



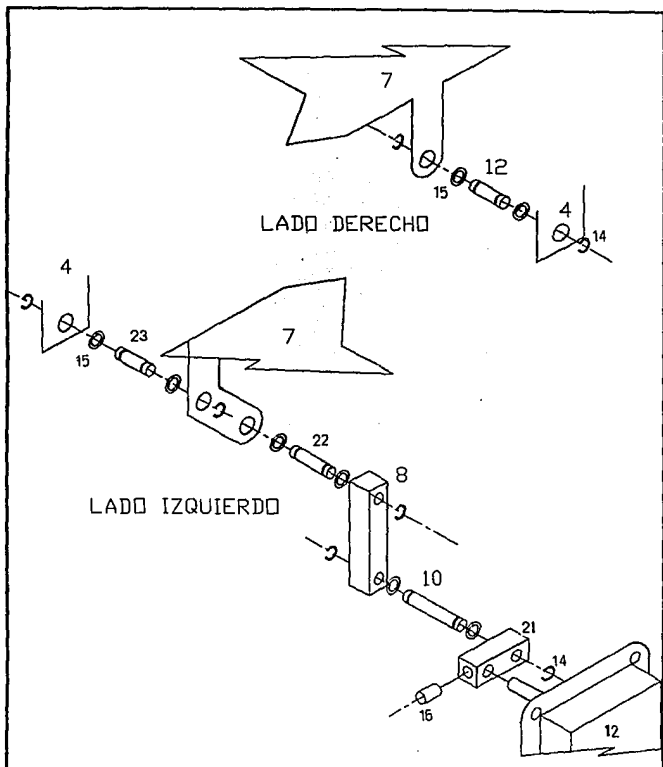
**NOTA:**  
 La pieza 4 está formada por tres  
 elementos, los cuales están unidos  
 por soldadura

PLANO NO:	ETAPA:	MATERIAL:	DISEÑO:	
E-1	ENSAMBLE	ALUMINIO	JCGV/JGA	
FI-UNAM	SISTEMA:	ESC:	ACOT:	DIBUJO:
	ESTRUCTURA	1 : 4	S/A	JCGV/JGA
	PIEZA:			FECHA:
				12/SEP/93



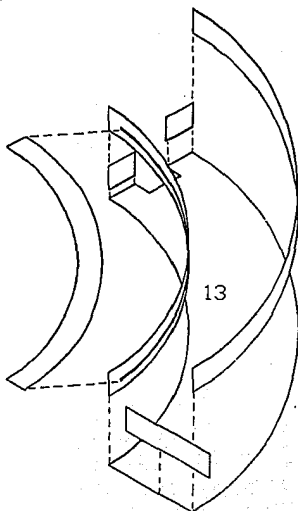
PLANO NO: <b>E-2</b>	ETAPA: <b>ENSAMBLE</b>	MATERIAL: <b>LAMINA ALUMINIO #18</b>	DISENO: <b>JCGV/JGA</b>
<b>FI-UNAM</b>	SISTEMA: <b>ESTRUCTURA</b>	ESC: <b>1 : 2</b>	ACOT: <b>S/A</b>
			DIBUJO: <b>JCGV/JGA</b>
			FECHA: <b>12/SEP/93</b>





PLANO NO: <b>E-3</b>	ETAPA: <b>ENSAMBLE</b>	MATERIAL: <b>ALUMINIO</b>	DISENO: <b>JCGV/JGA</b>
	SISTEMA: <b>TRANSMISION</b>	ESC: <b>1 : 2</b>	ACOT: <b>S/A</b>
FI-UNAM	PIEZA:		FECHA: <b>12/SEP/93</b>

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



PLANO NO: E-4	ETAPA: ENSAMBLE	MATERIAL: ACRILICO e 2mm	DISEÑO: JCGV/JGA	
FI-UNAM	SISTEMA: CONTENEDOR	ESC: 1 : 4	ACOT: S/A	DIBUJO: JCGV/JGA
	PIEZA:			FECHA: 12/SEP/93

# **CAPITULO 4**

# **MANUFACTURA**

## 4.1 FABRICACIÓN Y ENSAMBLE

Una vez que se concluyó con las etapas de diseño, y tomando como base el diseño de detalle (planos), el siguiente paso fue la fabricación y ensamble de los elementos que constituyen el agitador.

El desarrollo de esta etapa se llevó a cabo en los talleres del Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de Ingeniería, donde se hizo uso del equipo que ahí se tiene.

Para la fabricación de las barras y pernos se utilizaron las máquinas de control numérico (fresas y tornos). El material que se usó fue aluminio y acero templado respectivamente. Las barras se fabricaron de aluminio debido a que es un material que tiene una buena relación resistencia-peso (ver planos F-8 y F-9); se utilizó acero templado para los pernos (ver planos F-10 a F-12), debido a que tiene buena resistencia al desgaste, además de ser un material compatible con el material de los bujes que fueron seleccionados (bronce) \*, el bronce es un material antifricción y autolubricado, estas características son favorables para los fines específicos que se requieren.

Todas las partes de la estructura y soportes del motor se fabricaron de lámina de aluminio calibre 16 (1.499mm), utilizando principalmente las máquinas dobladoras, cizalladoras y máquina de soldar (TIG) para su manufactura (ver planos F-1 a F-7).

\* En la etapa de fabricación del prototipo no fueron incluidos los bujes en las barras del sistema de transmisión, ya que estos surgieron de hacer un ajuste en el diseño, pero si fueron considerados en el diseño de detalle (ver plano E-3).

Por último, se fabricó la charola, utilizando acrílico de 3mm de espesor, ya que es un material rígido de bajo peso y de fácil limpieza (ver planos F-13 a F-16).

Uno de los aspectos que se consiguió durante la fabricación de los elementos fue la calidad de la manufactura en acabado superficial y precisión dimensional (la precisión dimensional se consideró muy importante en los elementos que integran el sistema de transmisión, ésta se apega a las tolerancias establecidas en los planos F-8 a F-12), lo que garantiza un funcionamiento óptimo y mayor durabilidad principalmente de las piezas móviles. Esto se logró gracias al equipo con tecnología de punta que se tiene en la facultad.

Ya fabricados los elementos de cada sistema y reuniendo todas las partes comerciales como son motorreductor (opción seleccionada del sistema motriz), seguros para los pernos, tornillos, tuercas, bujes, interruptor (opción seleccionada del sistema de encendido), cable eléctrico, pijas, etc; se procedió al ensamble de todas las partes que constituyen al agitador, siguiendo una secuencia ordenada.

Antes de hacer el ensamble del agitador se revisaron físicamente todas las partes comerciales, cuidando que no presentaran defectos (deformaciones, defectos de fabricación y mala calidad de los materiales) que pudieran retrasar el tiempo de ensamble antes programado.

Se tomó principal atención en las siguientes partes:

- Se verificó el buen alineamiento del motor para obtener un funcionamiento adecuado y evitar el desgaste del sistema de transmisión principalmente; también se verificó que los soportes del motor fueran los adecuados para evitar vibraciones en el agitador.

- Los pernos y los barrenos de las barras deben cumplir con las tolerancias de diámetro exterior e interior respectivamente, logrando con esto un ajuste adecuado.

- Todos los pernos y seguros deben estar en óptimas condiciones no debiendo presentar deformaciones; se verificó el buen estado de la cuerda, tanto en tornillos como en tuercas.

## 4.2 PRUEBAS

Una vez verificado el óptimo funcionamiento del prototipo desde el punto de vista fabricación - ensamble, se procedió a realizar las pruebas de campo consistentes en:

I.- Verificar la velocidad de oscilación. Esto se comprobó poniendo el prototipo en funcionamiento y contando el número de ciclos realizados por el sistema contenedor durante un minuto.

II.- Verificar el ángulo de oscilación del sistema contenedor. Esto se hizo midiendo el rango de movimiento mediante instrumentos de medición (transportador y escuadras).

III.- Se tomarón lecturas de voltaje y amperaje, para comprobar que estos parámetros se ubicaran dentro del rango de los datos de la placa del motor.

IV.- Se realizarón pruebas de resistencia, que consistieron en poner en funcionamiento el prototipo durante un período de 8 horas continuas para verificar que no se presentaran alteraciones en el movimiento (movimientos bruscos), calentamiento excesivo del motor o fallas del reductor de velocidad.

V.- Se revisó que la charola se acople correctamente al porta-charola para evitar que la primera no caiga durante el funcionamiento del prototipo.

VI.- Se revisó que los tubos de ensaye se colocaran y retiraran de la charola sin ningún problema.

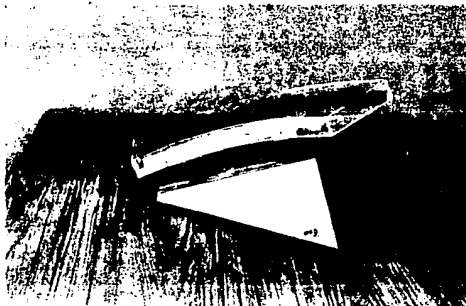
VII.- Una vez realizadas las pruebas mencionadas en párrafos anteriores el prototipo se llevó e instaló en la Dirección General de Servicios Médicos (DGSM) de la UNAM, por un lapso de dos meses, tiempo en el cual se trabajo con ella en la realización de pruebas de laboratorio.

VIII.- Al cabo del tiempo de prueba, los resultados fueron favorables. La máquina no se calentó en ningún momento durante su funcionamiento, no presentó ruido que molestara al personal y la velocidad y ángulo de oscilación fueron los correctos.

Debido a los resultados obtenidos en las pruebas, la DGSM emitió una constancia del óptimo funcionamiento de la máquina-prototipo, la cual se anexa al final del presente capítulo.

En las fotografías presentadas a continuación, se puede observar la máquina-prototipo trabajando en los laboratorios de la DGSM de la UNAM.





AGITADOR OSCILANTE (PROTOTIPO TERMINADO)



COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SANGRE EN EL AGITADOR



RETIRO DE LAS MUESTRAS DE SANGRE DEL AGITADOR



ANÁLISIS DE LA MUESTRA UNA VEZ TERMINADO EL PERÍODO DE AGITACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS MEDICOS

C O N S T A N C I A

Por medio de la presente hago constar que el Aparato Agitador Oscilante realizado por los C. JUAN GONZALEZ ACOSTA con número de cuenta 8855885-5 y JUAN CARLOS GONZALEZ VENEGAS con número de cuenta 8538131-9, pasantes de la carrera de Ingeniería Mecánica Electricista, satisface las necesidades de homogeneización que requieren las muestras sanguíneas del Laboratorio de Análisis Clínicos para sus determinaciones, esto lo hemos comprobado ya que dicho aparato ha estado funcionando en - - nuestro laboratorio durante los meses de octubre y noviembre pasados.

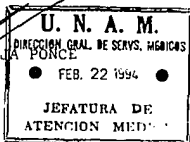
Por lo antes expuesto y a petición de los interesados, se otorga la presente en Ciudad Universitaria, Distrito Federal a los veintidos días del mes de febrero de mil novecientos - noventa y cuatro.

A t e n t a m e n t e .

" POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU "

EL JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ATENCION MEDICA

DR. CARLOS BORJA PONCE



**CAPITULO 5**

**OPTIMIZACIÓN DEL  
DISEÑO PARA  
FACILITAR SU  
ENSAMBLE**

En este capítulo, se propone la optimización del diseño realizado, con un enfoque hacia la producción en serie; utilizando la técnica de evaluación del diseño para ensamble. Esta técnica se puede resumir en 13 principios de diseño, de los cuales se hizo una selección para fines prácticos. Antes de describir estos principios se mencionan algunos aspectos importantes.

Parte del costo de mano de obra en la manufactura de un producto, es el costo de ensamble. En la actualidad la mayoría de los productos son ensamblados sin muchos componentes; ensamblarlos requiere tiempo que se refleja en un costo, lo que es un incentivo para hacer productos que puedan ser ensamblados con facilidad.

Básicamente, ensamblar un producto significa que la persona o la máquina debe: (1) **Recuperar** los componentes del almacenaje, (2) **Manejar los componentes** para orientarlos relativamente unos con otros y (3) **Colocarlos**, esto es conducir los componentes a su posición final de ensamble.

Un producto es medido en términos de la eficiencia con la cual es ensamblado en conjunto, y la facilidad con la cual los componentes pueden ser recuperados, manejados y colocados. Un producto con alta eficiencia de ensamble tendrá pocos componentes, los cuales serán fácilmente manejables y se insertaran al mismo tiempo durante el ensamble, por lo que el ahorro en la mano de obra será evidente.

Usar la facilidad de ensamble como un indicador de la calidad del diseño, solo es factible para un alto volumen de producción, ya que el diseño para ensamble requiere de componentes más complejos, este tipo de componentes requieren de equipos costosos para su fabricación. En un bajo volumen de producción, el costo de ensamble es solo del 1 al 5% del costo total de manufactura. Modificar el diseño para facilitar el ensamble, requiere un trabajo extra de diseño lo que puede elevar el costo de manufactura con un pequeño retorno de capital.

A continuación se mencionan los principios del diseño para ensamble que se consideraron aplicables a nuestro caso.

**El número de componentes del conjunto debe ser minimizado.**

La primera medida de la eficiencia de ensamble, se basa en el número de componentes o subensambles usados en el producto. Como ya se mencionó anteriormente, un producto con menos componentes será más fácil de ensamblar, por lo tanto hay que reducir al máximo su número. Lo anterior se logra examinando cada pareja de componentes contiguos en el diseño, para ver si ellos necesitan realmente ser componentes separados. Si no lo necesitan, entonces teóricamente estos pueden ser combinados para formar un solo componente. ¿Cuándo deben ser componentes separados ?

- 1) Los componentes que giran relativamente uno con otro
- 2) Los componentes que están hechos de diferente material
- 3) Los componentes que fuera imposible ensamblarlos o desensamblarlos

Componentes sujetadores como: pernos, tuercas, grapas, etc, deben ser incluidos en este punto.

### Hacer uso mínimo de sujetadores.

Una forma de reducir el uso de componentes es minimizar el uso de sujetadores. Esto es aconsejable por muchas razones: Primero, cada sujetador es un componente más para manejar, y el manejo de cada componente toma tiempo. Segundo, los sujetadores no son baratos (el costo no solo implica el costo pagado al vendedor, sino el costo de producción, inventario y control de calidad). Tercero, los sujetadores son concentradores de esfuerzos. Por todas estas razones es recomendable eliminar al máximo el uso de sujetadores.

Un punto adicional que debe ser considerado en el diseño, es la estandarización del uso de sujetadores. La figura 18 muestra algunas ideas para reducir el uso de sujetadores.

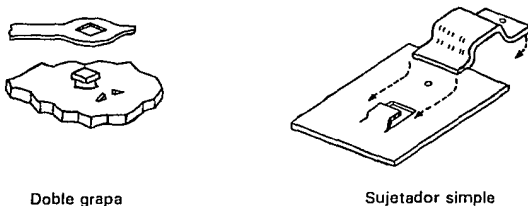


Figura 18. DISEÑO DE SUJETADORES

### **Diseño de componentes para un tipo específico de recuperación, manejo e inserción.**

Hay tres tipos de sistemas de ensamble: manual, por robot y por máquinas de uso especial (máquinas de transferencia). En general, si el volumen del producto es menor de 250,000 anualmente, el método más económico de ensamble es el manual. Para productos que tienen un volumen hasta de 2,000,000 anual, generalmente el mejor es por robot.

Las máquinas de propósito especial se utilizan cuando se garantiza un volumen que excede anualmente los 2,000,000. Componentes para ensamble manual pueden ser alimentados a granel, pero deben tener características para que sean fáciles de tomar. Por otra parte, los efectores terminales de los robots pueden ser alimentados automáticamente o pueden tomar un componente externamente como un humano.

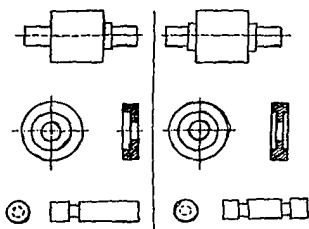
### **Diseño para facilitar el manejo de componentes.**

Si un componente puede ser instalado únicamente de una forma en el ensamble, entonces éste debe ser orientado e insertado de una sola forma. El acto de orientar e insertar el componente toma tiempo, dependiendo de la destreza del trabajador o de la complejidad de la máquina de ensamble. Para reducir este tiempo se pueden diseñar los componentes de la siguiente forma:

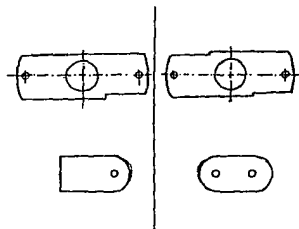


- Diseño de componentes por simetría de punta a punta
- Diseño de componentes por simetría en sus ejes de inserción
- Diseño de componentes que no son simétricos a sus ejes de inserción

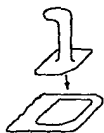
En la figura 19 se muestran ejemplos de componentes que son rediseñados para facilitar su orientación e inserción.



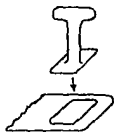
Modificación de componentes por simetría de punta a punta



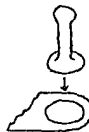
Modificación de componentes por simetría en sus ejes de inserción



(a) UNA FORMA DE ENSAMBLE



(b) DOS DIRECCIONES DE ENSAMBLE



(c) SIMETRÍA ROTACIONAL 360°

Modificación de componentes que no son simétricos a sus ejes de inserción  
 Figura 19. DISEÑO DE COMPONENTES PARA FACILITAR SU ENSAMBLE

**Diseño de componentes para ser insertados en línea recta durante su ensamble.**

Diseñar los componentes de esta forma involucra el mejoramiento del uso de sujetadores y propone minimizar los movimientos de ensamble. Aquí están implícitos dos aspectos: (1), los componentes serán insertados en un movimiento en línea recta y (2), este movimiento siempre será en la misma dirección. De este modo, el proceso de ensamble nunca requerirá la reorientación de la base (en donde van a ser insertados los componentes), ni otros movimientos de ensamble.

Un claro ejemplo de esto se puede ver en la figura 20, en la cual los componentes del inciso (a) requieren 3 movimientos para ser ensamblados, en cambio, en el inciso (b) por medio del rediseño de los componentes, estos movimientos han sido reducidos.

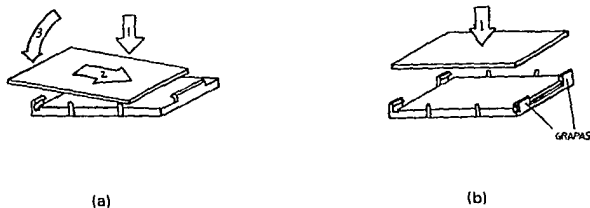


Figura 20. EJEMPLO DE UNA SOLA DIRECCIÓN DE ENSAMBLE

**Hacer uso de chaflanes, guías y elasticidad del material para facilitar la inserción y alineamiento de los componentes.**

Para hacer la unión o inserción de un componente tan fácil como sea posible, cada componente debe orientarse a sí mismo hacia su posición final. Esto puede ser perfeccionado usando 3 técnicas. Un método común es el usar chaflanes o esquinas redondeadas, como se muestra en la figura 21.

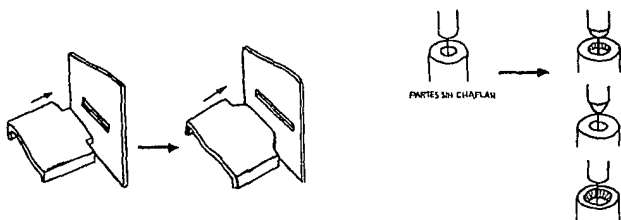


Figura 21. USO DE CHAFLANES PARA FACILITAR EL ENSAMBLE

Aun cuando hay componentes que cuentan con chaflanes, existen problemas para alinearlos e insertarlos hasta su posición final. Estos problemas se pueden solucionar disminuyendo la sección transversal del componente para que sirva de guía y con esto lograr su alineamiento e inserción con mayor facilidad hasta su posición final. Lo anterior se muestra en la figura 22.

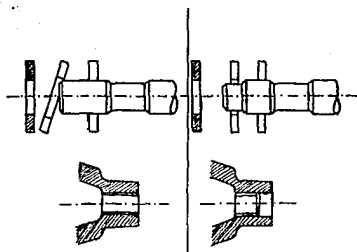


Figura 22. USO DE GUÍAS PARA FACILITAR EL ENSAMBLE

Finalmente, la elasticidad de un componente puede ser usada para una fácil inserción, y también para relajar tolerancias. Ver figura 23.

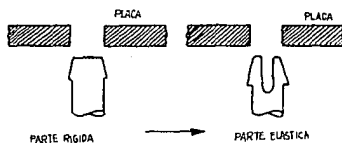


Figura 23. USO DE ELASTICIDAD PARA FACILITAR LA INSERCIÓN

### **5.1 MODIFICACIONES PROPUESTAS PARA EL AGITADOR DESARROLLADO**

Las modificaciones presentadas a continuación son propuestas basadas en la información contenida en los principios de diseño presentados en este capítulo.

Estas modificaciones no alteran el funcionamiento del presente diseño; solo se pretende con ello disminuir el tiempo de ensamble y, por tanto, el costo de fabricación para una producción en serie.

- Se propone la fabricación del *sistema estructural* (cubierta superior e inferior) por medio de moldes de inyección de plástico. Con ello se reduce el número de componentes y el peso considerablemente, y solo se requiere de un movimiento de ensamble para fijar ambas partes.

La cubierta superior cuenta con dos guías y 4 grapas en los bordes para guiarse e insertarse en la cubierta inferior, además cuenta con el mismo número de guías y grapas en la parte interior de una de sus paredes para sujetar el soporte del motor.

La cubierta inferior tiene 4 protuberancias que hacen la función de patas y en las cuales van insertadas las gomas que evitan la vibración y deslizamiento de la máquina. Lo anterior es mostrado en la figura 24.

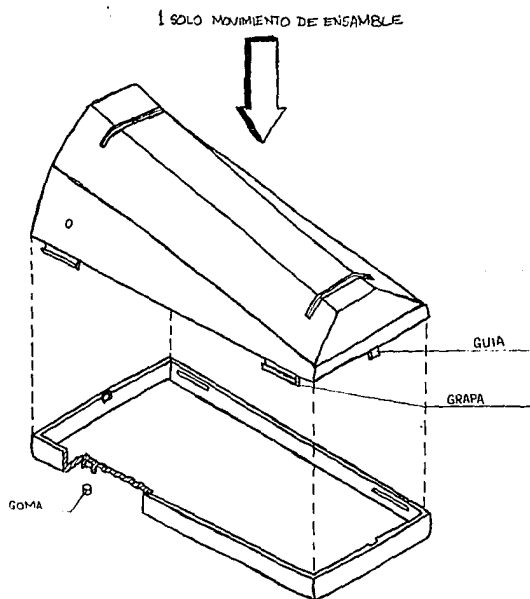


Figura 24. ESTRUCTURA FABRICADA CON MOLDES DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO

- La fabricación del *soporte del motor* se propone hacerla de una sola pieza por medio de moldes de inyección de plástico (el diseño anterior constaba de dos piezas, de aluminio). Con esto se logra reducir el peso y el número de componentes, así como facilitar su ensamble en la cubierta superior (ver figura 25).

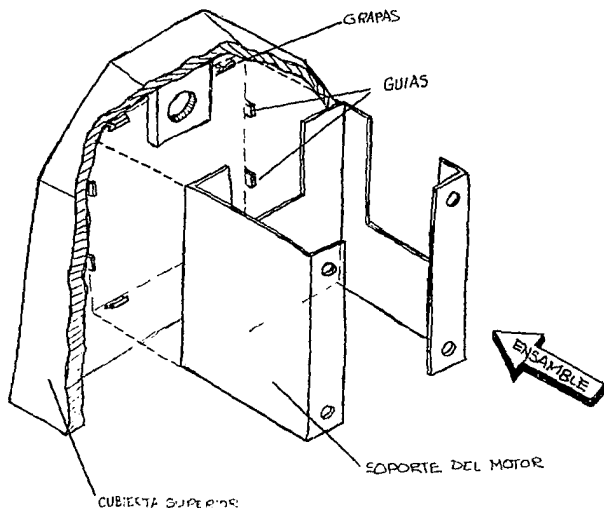


Figura 25. SOPORTE DEL MOTOR SUJETO POR GRAPAS

- Se propone fabricar el *sistema contenedor* (charola porta-tubos) de una sola pieza en material plástico por medio de moldes de inyección. Esto es con el fin de simplificar la fabricación y eliminar su ensamble, además de dar mayor rigidez al componente. El diseño actual se puede observar en los planos de fabricación y ensamble F-13 a F-16 y E-4. Cabe mencionar que la forma y dimensiones de la charola no serán alteradas.

- Se propone hacer chaflanes en *pernos y barras* para facilitar su inserción, así como modificar la forma de los pernos para poder reducir el número de seguros. Es conveniente indicar que los materiales y procesos de fabricación de estos componentes no varían. Esta propuesta se muestra en la figura 26.

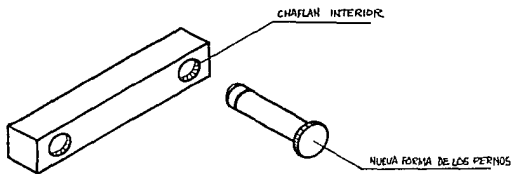


Figura 26. MODIFICACIÓN DE COMPONENTES PARA FACILITAR SU ENSAMBLE



- Se propone fabricar el porta-charola por medio de troquelado, respetando su forma, dimensiones y material contemplados en el diseño anterior. Ver plano F-7

Como ya se mencionó anteriormente en este capítulo, uno de los puntos más importantes para evaluar la facilidad de ensamble de un producto, es reducir al máximo el número de componentes.

Una evaluación del perfeccionamiento (con base en el número de componentes) que se puede lograr con las modificaciones propuestas al diseño actual; se hace con la siguiente relación:

$$\text{Perfeccionamiento} = \frac{\text{No. de componentes del diseño actual} - \text{No. de componentes del rediseño}}{\text{No. de componentes del diseño actual}}$$

No. de componentes del diseño actual = 68

Este conteo se realizó con base en la lista de materiales (ver página 61)

No. de componentes del rediseño = 39

Con las modificaciones propuestas se eliminan los siguientes componentes:

- 4 Pijas
- 8 Tornillos
- 8 Tuercas
- 4 Seguros
- 4 Roldanas
- 1 Soporte del motor

$$\text{Perfeccionamiento} = \frac{68-39}{68} = 0.42 \times 100 = 42.6\%$$

El perfeccionamiento típico está en el rango del 30 al 60% \*, por lo tanto para nuestro caso se puede decir que el rediseño es aceptable, ya que está dentro de este rango.

Cabe aclarar que con ello se reduce el tiempo de ensamble, debido a que son menos los movimientos requeridos para su terminado; además se eliminan algunos procesos de fabricación. Todo lo anterior es traducido en una disminución de costos.

\* "The mechanical desing process" Ullman, Vol. 1 p. 269

## **CONCLUSIONES Y RESULTADOS**

El prototipo surge como una respuesta a las necesidades requeridas por la Dirección General de Servicios Médicos de la UNAM en la que se presentaban limitaciones para el desarrollo óptimo del laboratorio clínico de la institución, debido a que se utilizan equipos clínicos de procedencia extranjera principalmente por el alto costo y falta de mantenimiento entre otros.

En base al método de diseño se planteó la elaboración de un agitador oscilante, por una parte cubriendo las especificaciones requeridas para este tipo y por otra basándolo en los conocimientos, creatividad que son relevantes en todas las etapas del método de diseño.

El prototipo cumplió con los objetivos planteados cubriendo la necesidad que dió origen al planteamiento.

Los resultados obtenidos se califican de satisfactorios; ya que se obtuvo el correcto ángulo de oscilación y velocidad de oscilación requeridos para poder homogenizar totalmente la muestra, lo cual consta en el documento incluido en el capítulo de manufactura expedido por la DGSM de la UNAM.

Se propusieron modificaciones al diseño optimizando su ensamble; cabe señalar que existen otras técnicas de evaluación de un producto como son:

- Evaluación de función y desempeño
- Evaluación de costos
- Diseño para manufacturabilidad

Estas técnicas deben ser consideradas antes de fabricar un producto en serie, pero no estaba dentro de los alcances de este trabajo emplearlas.

Con el presente trabajo se actualizaron los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestros estudios. Dándonos cuenta que es determinante el empleo de un proceso de solución de problemas; en este caso método de diseño; para el diseño y fabricación de un producto; debido a la complejidad que representa, ya que es necesario contar con experiencia, creatividad, con los recursos disponibles, etc. Lo que sienta las bases de una visión profesional que utilizaremos a lo largo de nuestro desempeño profesional.

Creemos en la posibilidad de fabricación nacional, como se pudo demostrar con la fabricación del prototipo, con lo que se evitaría la dependencia tecnológica que se tiene del extranjero en este ramo; dando **motivación** a los diversos sectores como son el estudiantil, empresarial para la fabricación de productos nacionales no solo en este ramo particular sino en los diversos sectores de la industria. Lo anterior es lo que consideramos la aportación más significativa del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Esponda Guillermo. Diseño de Elementos de Máquinas, primera edición (México: Trillas, 1989).

Baumeister y Marks. Manual del Ingeniero Mecánico, reimpresión (México: Herrero Hermanos, 1986).

Beer Ferdinand P. Mecánica Vectorial para Ingenieros, cuarta edición (México: Mc Graw Hill, 1984).

Corzo, Miguel Angel. Introducción a la Ingeniería de Proyectos, séptima reimpresión (México: Limusa, 1983).

Dieter George Ellwood. Engineering Desing: A Material and Procesing Approach, segunda edición (New York: Mc Graw Hill, 1991).

Du Mond T. C. Materiales Técnicos, primera edición (Madrid: Dossat S.A, 1963).

Flinn Richard A. Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones, tercera edición (México: Mc Graw Hill, 1991).

Kozhevnikov S. N. Mecanismos, segunda edición (Madrid: Gustavo Gili)

Krick Edward V. An Introduction to Engineering and Engineering Desing, segunda edición (New York: Wiley, 1969).

Luzadder Warren J. Fundamentos de Dibujo en Ingeniería, primera edición (México: Compañía editorial Continental, 1981).

Roadstrum William H. Introducción a la Ingeniería Eléctrica, Primera edición (México: Harla, 1989).

Serrano Iribarnegaray Luis. Fundamentos de Máquinas Eléctricas y Rotativas, primera edición (Madrid: Marcombo, 1989).

Shigley Edward Joseph. Teoría de Máquinas y Mecanismos, primera edición (México: Mc Graw Hill, 1983).

Stuart Pugh. Total Desing, primera edición (Workingham England: Addison - Wesley Publishing Co, 1990).

Ullman David G. The Mechanical Desing Process, primera edición (New York: Mc Graw Hill, 1992).

```
50  REM ANALISIS PARA UN MECANISMO DE 4 BARRAS
60  REM
100 REM ENTRADA DE VARIABLES
110 REM
120 INPUT O2
130 LPRINT "O2=";O2
140 INPUT W2
150 LPRINT "W2=";W2
160 FAC1#=.0174532925#:O2=O2*FAC1#
170 LPRINT "DIMENSIONES DEL MECANISMO:"
180 INPUT R1
190 LPRINT "R1=";R1
200 INPUT R2
210 LPRINT "R2=";R2
220 INPUT R3
230 LPRINT "R3=";R3
240 INPUT R4
250 LPRINT "R4=";R4
260 LPRINT "CENTROIDES EN 3 Y 4:"
270 INPUT RG3A
280 LPRINT "RG3A=";RG3A
290 INPUT RG4
300 LPRINT "RG4=";RG4
310 LPRINT "ANGULOS EN LAS BARRAS 3 Y 4:"
320 INPUT GAMMA
330 LPRINT "GAMMA=";GAMMA
340 INPUT BETA
350 LPRINT "BETA=";BETA
360 GAMMA=GAMMA*FAC1#:BETA=BETA*FAC1#
370 LPRINT "MASAS Y MOMENTOS DE INERCIA 3 Y 4:"
380 INPUT M3
390 LPRINT "M3=";M3
400 INPUT M4
410 LPRINT "M4=";M4
420 INPUT I3
430 LPRINT "I3=";I3
440 INPUT I4
450 LPRINT "I4=";I4
460 LPRINT "FUERZA SOBRE LA BARRA 4:"
470 INPUT OC
480 LPRINT "OC=";OC
490 INPUT RC
500 LPRINT "RC=";RC
```

```

510 INPUT FC
520 LPRINT "FC=";FC
530 INPUT FIC
540 LPRINT "FIC=";FIC
550 OC=OC*FAC1#:FIC=FIC*FAC1#
560 REM
570 REM ANALISIS CIMEMATICO
580 R5=SQR(R2^2-2*R1*R2*COS(O2)+R1^2)
      :SENO5#=R2*SIN(O2)/R5
590 X#=SENO5#
600 GOSUB 1120
610 O5#=ANGSEN#
620 SENPSI#=(R3^2+R5^2-R4^2)/(2*R3*R5)
630 X#=SENPSI#
640 GOSUB 1120
650 PSIP#=ANGSEN#:PSI#=90*FAC1#-PSIP#
660 SENLAM#=(R5-R3*COS(PSI#))/R4
670 X#=SENLAM#
680 GOSUB 1120
690 LAMP#=ANGSEN#:LAMMDA#=90*FAC1#-LAMP#
700 O4#=180*FAC1#-(O5#+LAMMDA#):O3#=PSI#-O5#
      :O4=O4#:O3=O3#
710 CLS
720 LPRINT "R5=";R5
730 LPRINT "O5=";O5#/FAC1#
740 LPRINT "PSI=";PSI#/FAC1#
750 LPRINT "LAMMDA=";LAMMDA#/FAC1#
760 LPRINT "O4=";O4#/FAC1#
770 LPRINT "O3=";O3#/FAC1#
780 W3=(R2*W2*SIN(O2-O4))/(R3*SIN(O4-O3))
790 W4=(R2*W2*SIN(O2-O3))/(R4*SIN(O4-O3))
800 AC3=(R2*W2^2*COS(O2-O4)+R3*W3^2*COS(O3-O4)-R4*W4^2)
      /(R3*SIN(O4-O3))
810 AC4=(R2*W2^2*COS(O2-O3)-R4*W4^2*COS(O3-O4)+R3*W3^2)
      /(R4*SIN(O4-O3))
820 AXG3=R2*W2^2*COS(O2+180*FAC1#)+RG3A*AC3*COS(O3+GAMMA
      +90*FAC1#)+RG3A*W3^2*COS(O3+GAMMA+180*FAC1#)
830 AYG3=R2*W2^2*SIN(O2+180*FAC1#)+RG3A*AC3*SIN(O3+GAMMA
      +90*FAC1#)+RG3A*W3^2*SIN(O3+GAMMA+180*FAC1#)
840 AXG4=RG4*AC4*COS(O4+BETA+90*FAC1#)+RG4*W4^2*COS(O4
      +BETA+180*FAC1#)
850 AYG4=RG4*AC4*SIN(O4+BETA+90*FAC1#)+RG4*W4^2*SIN(O4
      +BETA+180*FAC1#)

```



```
860 REM ANALISIS DE FUERZAS DINAMICAS
870 LPRINT "W3=";W3
880 LPRINT "W4=";W4
890 LPRINT "AC3=";AC3,"AC4=";AC4
900 LPRINT "AXG3=";AXG3,"AYG3=";AYG3
910 LPRINT "AXG4=";AXG4,"AYG4=";AYG4
920 RA=R2:RB=R4:RBA=R3
930 SP34=I4*AC4+RG4*COS(O4+BETA)*M4*AYG4-RG4*SIN(O4+BETA)
    *M4*AXG4-RC*COS(O4+OC)*FC*SIN(FIC)+RC*SIN(O4+OC)
    *FC*COS(FIC)
940 RBF34=RB*(COS(O4)*SIN(O3)-SIN(O4)*COS(O3))
950 FP34=SP34/RBF34
960 SB43=I3*AC3+RG3A*COS(O3+GAMMA)*M3*AYG3-RG3A*
    SIN(O3+GAMMA)*M3*AXG3
970 RBAF43=RBA*(COS(O3)*SIN(O4)-SIN(O3)*COS(O4))
980 FB43=SB43/RBAF43
990 FX23=FP34*COS(O3)+M3*AXG3-FB43*COS(O4)
1000 FY23=FP34*SIN(O3)+M3*AYG3-FB43*SIN(O4)
1010 FX43=-FP34*COS(O3)+FB43*COS(O4)
1020 FY43=-FP34*SIN(O3)+FB43*SIN(O4)
1030 FX14=FX43+M4*AXG4-FC*COS(FIC)
1040 FY14=FY43+M4*AYG4-FC*SIN(FIC)
1050 T12=RA*(FY23*COS(O2)-FX23*SIN(O2))
1060 POT=W2*T12/746
1070 O2G=O2/FAC1#
1080 LPRINT "O2=";O2G
1090 LPRINT "FX23=";FX23,"FY23=";FY23
1100 LPRINT "T12=";T12,"POT=";POT
1110 END
1120 ANGSEN1#=X#+X#^3/6+3*X#^5/40+15*X#^7/336+105*X#^9
    /3456+945*X#^11/42240!+10395*X#^13/599040!
    +.0139648437#*X#^15+.0115518*X#^17+.00976160953#
    *X#^19+.00839033581#*X#^21+.00731252587#
    *X#^23+.00644721031#*X#^25+.00574003767#
    *X#^27+.00515330968#*X#^29
1130 ANGSEN#=#ANGSEN1#+.00466014349#*X#^31+.00424090709#
    *X#^33+.00388096456#*X#^35+.00356920539#*X#^37
    +.0032970595#*X#^39+.00305782165#*X#^41
1140 RETURN
```