

00122  
19

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional  
NOMBRE: Fernando Nava Tudela  
FECHA: 11/03/2003  
FIRMA: Fernando Nava Tudela

### Dispositivo para disminuir la fatiga de los músculos flexores del brazo humano al momento de realizar trabajo físico

Tesis Profesional que para obtener el Título de Licenciado en Diseño Industrial presenta:

*Fernando Nava Tudela*

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL**

Facultad de Arquitectura • Universidad Nacional Autónoma de México

Con la dirección de:

*D.I. Alberto Vega Murguía*

Y la asesoría de:

- Ing. Ulrich Scharer Sauberli*
- D.I. Héctor López Aguado Aguilar*
- M.D.I. Arturo Domínguez Macouzet*
- D.I. Lorenzo López Zepeda*
- Dra. Irene Mújica Morales*
- Ing. Ramón Uribe Ravago*
- Fis. Eduardo Vega Murguía*

**Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa.**

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**TESIS CON  
FALLA DE  
ORIGEN**

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL CI

Facultad de Arquitectura - Universidad Nacional Autónoma de México

Coordinador de Exámenes Profesionales  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

E P 01 Certificado de aprobación de  
Impresión de Tesis

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE NAVATUDELA FERNANDO No. DE CUENTA 9455398-9

NOMBRE DE LA TESIS Dispositivo para disminuir la fatiga de los músculos flexores del brazo humano al momento de realizar trabajo físico

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día de de alas hrs.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F. a 10 enero 2003

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE ING. ULRICH SCHARER SAUBERLI	
VOCAL D.I. ALBERTO VEGA MURGUIA	
SECRETARIO D.I. HECTOR LOPEZ AGUADO AGUILAR	
PRIMERSUPLENTE M.D.I. ARTURO DOMINGUEZ MACOUZET	
SEGUNDOSUPLENTE D.I. LORENZO LOPEZ ZEPEDA	

ARQ. FELIPE LEAL FERNANDEZ  
Vo. Bo. del Director de la Facultad

Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F. - Tel: 5622 08 35 y 36 Fax 5616 03 03  
<http://ce-atl.posgrado.unam.mx> • Correo electrónico: [cidf@servidor.unam.mx](mailto:cidf@servidor.unam.mx)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En este trabajo de investigación se recibió la asesoría de las siguientes personas:

- **D.I. Alberto Vega Murguía**, quien marcó la pauta a seguir en la manera de elaborar la totalidad del trabajo de investigación, cuestionando y preguntado sobre los aspectos a tratar en el mismo. También orientó en la búsqueda de especialistas e indicó correcciones a lo largo de todo el trabajo elaborado.
- **Dra. Irene Mújica Morales**, quien revisó, corrigió y orientó en lo que concierne a anatomía y salud.
- **Ing. Ramón Uribe Ravago**, quien marcó la pauta a seguir en la forma de abordar los problemas físico matemáticos requeridos para el diseño y revisó y corrigió los cálculos elaborados.
- **Fis. Eduardo Vega Murguía**, quien corroboró los cálculos físico-matemáticos y planteó nuevos puntos a cuidar para el correcto funcionamiento del dispositivo. También contribuyó a elaborar una mejor presentación de los cálculos realizados (por medio de tablas y gráficos), para darles mayor claridad.

La información pertinente para este trabajo de investigación se buscó en las bibliotecas Central, de Diseño Industrial, de Medicina y de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como en la hemeroteca de esta universidad. También se buscó información en la biblioteca de la Universidad Iberoamericana (UIA).

Se consultaron los archivos de patentes nacionales e internacionales del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), en la búsqueda de algún antecedente de un dispositivo similar al planteado en la tesis.

Otra fuente de información fue el Internet donde se consultaron las siguientes páginas:

- <http://www.me.berkeley.edu>
- <http://www.fzi.de/ipt/VVMC/preface/node18.html>
- <http://www.patents.ibm.com>
- <http://www.ergoweb.com>
- <http://www.anatomical.com>
- <http://www.melisa.org>
- <http://www.intelihealth.com>
- <http://www.nsc.gov.sg>
- <http://www.mdauusa.org>

Para la investigación estética y semiótica se elaboró y aplicó una encuesta exploratoria en la que se observó de una manera cualitativa con qué formas asocian las personas del Distrito Federal que estudian o han estudiado una licenciatura, ciertos conceptos a aplicar en el dispositivo elaborado en esta tesis.

#### PERFIL DEL PRODUCTO:

El dispositivo elaborado en esta tesis puede ser adquirido por personas, empresas o instituciones que deseen invertir en el desarrollo de éste, como pueden ser médicos, universidades, hospitales, o industriales. La investigación desarrollada ha representado hasta el momento un costo de \$190,389.00.

El objetivo del dispositivo diseñado es el de disminuir la fatiga de los músculos flexores de los brazos, en el momento de realizar trabajos como levantar o jalar objetos. Este dispositivo se coloca en el brazo de la persona a manera de "manga" o "chaleco".

El dispositivo diseñado es un sistema hidráulico que funciona con pistones. Estos pistones sirven para comprimir un resorte mediante la fuerza de los músculos del brazo; el resorte permanece comprimido hasta que el usuario del mecanismo decide liberarlo y entonces ejerce la fuerza antes almacenada, sobre una estructura articulada en el codo de la persona.

Los materiales empleados para la elaboración del prototipo del dispositivo fueron el aluminio, la fibra de vidrio, el neopreno, la tela de nylon, la tela con espumado, mangueras de

nylon, chicotes para bicicleta, poliestireno, cable de acero forrado con plástico, herrajes de nylon y cintas de algodón. Los procesos para transformar estos materiales fueron la fundición en arena, la utilización de máquinas herramientas, el termoformado, la conformación de resinas y fibra de vidrio con moldes abiertos y la costura con máquina de coser. Las uniones entre sus partes se hicieron por medios mecánicos (tornillos, rondanas, etc) y con pegamento.

Los factores humanos considerados en este trabajo fueron: la anatomía general del cuerpo humano, la anatomía del codo, la biomecánica del codo, las enfermedades musculares que afectan al brazo así como las causas que pueden perjudicar a las funciones motoras del cuerpo humano; edades hacia las cuales está enfocado el dispositivo; el sexo hacia el cual está enfocado el dispositivo; las dimensiones corporales de los usuarios y los tipos morfológicos del los mismos; la capacidad física de las personas para jalar o levantar objetos; la tolerancia del humano a la presión ejercida por elementos físicos externos que formen parte del dispositivo; la percepción del humano de las temperaturas; las alergias a los materiales susceptibles de ser empleados y la transmisión de movimientos nocivos para el usuario del aparato.

Se buscó para las características semióticas y estéticas del dispositivo, aquellas que no reflejaran debilidad o impedimento físico de la persona o que pudieran dañar la autoestima del usuario por lo que se trató de encontrar el valor percibido por este para los conceptos de futurismo, fuerza, inteligencia, comodidad, resistencia, audacia, ligereza, calidad, adaptabilidad, innovación y dinamismo.

Las posibilidades de comercialización de este dispositivo son muy limitadas dado que todavía no se ha perfeccionado lo suficiente como para ser un producto confiable, por otro lado este dispositivo puede ser patentado puesto que no existe ningún otro con sus características.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## INDICE

### I Problemática

1.1 Introducción .....	p 8
1.2 Antecedentes .....	p 10
1.3 Oportunidad de diseño .....	p 14
1.4 Mercado potencial .....	p 15

### II Factores humanos

2.1 Anatomía .....	p 18
2.1.1 La estructura del esqueleto y sus movimientos .....	p 18
2.1.2 Las articulaciones .....	p 18
2.1.3 La función de las articulaciones .....	p 19
2.1.4 Los músculos .....	p 19
2.1.4.1 Propiedades del tejido muscular .....	p 20
2.1.4.2 Fuerza muscular .....	p 20
2.1.4.3 Uniones musculares .....	p 20
2.1.4.4 La coordinación del sistema muscular .....	p 21
2.1.4.5 La gravedad y la acción muscular .....	p 21
2.1.5 El brazo .....	p 23
2.1.5.1 La articulación del codo .....	p 23
2.1.5.2 Las articulaciones radio cubitales .....	p 23
2.1.5.3 Músculos de las articulaciones del codo y radiocubitales .....	p 24
2.1.5.4 Análisis muscular de los movimientos fundamentales del antebrazo .....	p 26
2.1.5.5 Tipos de fibras musculares que componen a los músculos que extienden y flexionan el codo .....	p 27
2.1.5.6 Clasificación por tamaño de los músculos de la articulación del codo .....	p 27
2.1.5.7 Tipo de palanca que ejerce cada músculo en la articulación del codo .....	p 27
2.2 Biomecánica del codo .....	p 28
2.2.1 Análisis estático de las fuerzas de los músculos que actúan en la flexión del codo .....	p 28
2.2.2 Resultados y discusión .....	p 30
2.3 Enfermedades musculares que afectan al brazo .....	p 34
2.3.1 Otras causas que pueden perjudicar a las funciones motoras del cuerpo humano .....	p 35
2.4 Sistemas de relación hombre objeto .....	p 36
2.4.A Edades a la que se enfoca el dispositivo .....	p 37
2.4.B Sexo al que se enfoca el dispositivo .....	p 37
2.4.C Dimensiones corporales de los usuarios y tipos morfológicos de usuarios del dispositivo .....	p 38
2.4.D Capacidad física de las personas para jalar o levantar objetos ...	p 41
2.4.E Tolerancias del humano a la presión física, ejercida sobre el cuerpo .....	p 42
2.4.F Percepción del humano a las temperaturas .....	p 43
2.4.G Alergia de los humanos a los materiales susceptibles de ser empleados .....	p 44

2.4.H Transmisión de movimientos nocivos para el humano por parte ...p	46
del aparato	

### III Factores funcionales

3.1 Cargas externas que actúan sobre el cuerpo humano .....	p 48
3.1.1 Artefactos creados por el ser humano utilizados para neutralizar las cargas externas .....	p 48
3.1.1.1 Los sistemas de poleas .....	p 48
3.1.1.2 Los líquidos .....	p 48
3.1.1.3 Materiales elásticos .....	p 48
3.1.1.4 Palancas .....	p 49
3.1.1.5 Plano inclinado .....	p 51
3.1.1.6 Repulsión magnética .....	p 51
3.2 Características del aparato a diseñar .....	p 52
3.3 Sistemas mecánicos propuestos .....	p 52
3.3.1 Mecanismo 1 .....	p 52
3.3.2 Mecanismo 2 .....	p 63
3.3.3 Mecanismo 3 .....	p 69
3.3.4 Criterios para seleccionar el mecanismo a elaborar .....	p 74
3.3.5 Ventajas y desventajas de cada mecanismo .....	p 75

### IV Factores estéticos

4.1 Características estéticas buscadas. ....	p 78
--	------

### V Perfil del producto

5.1 Características de uso del producto .....	p 84
5.2 Características de relación hombre-objeto .....	p 84
5.3 Características estéticas.....	p 85
5.4 Características de producción.....	p 85

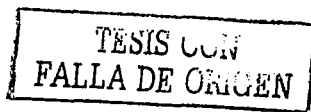
### VI Diseños propuestos y sus características

6.1 Características de cada diseño .....	p 87
6.2 Diseño A .....	p 88
6.3 Diseño B .....	p 90
6.4 Diseño C .....	p 92
6.5 Diseño D .....	p 96
6.6 Diseño E, F y G .....	p 101

VII Presupuesto .....	p 106
-----------------------	-------

VIII Conclusión .....	p 114
-----------------------	-------

IX Planos .....	p 124
-----------------	-------





## **Anexos**

### **Anexo 1 (Anatomía y quinesiología)**

A.1 Clasificación de las articulaciones diartrodias .....	p 179
A.2 Factores que dan estabilidad a las articulaciones del cuerpo.....	p 180
A.3 Funciones de los músculos .....	p 181
A.4 Tipos de acción muscular .....	p 183
A.5 Movimientos de los segmentos corporales .....	p 184

Anexo 2 (Estética) Gráficos y tablas obtenidas de las encuestas realizadas ..	p 190
---	-------

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

El hombre tiene unas características físicas muy versátiles, puede hacer movimientos rápidos, precisos y de mucha fuerza, puede también entrar en lugares intrincados, sujetar objetos, adaptarse a casi cualquier superficie o ambiente y además, tiene la capacidad de mejorar todas estas características físicas con ejercicios y con práctica.

Sin embargo, la energía muscular necesaria para llevar a cabo dichas acciones no es constante y en muchas ocasiones no es suficiente. Por lo tanto el hombre se ha visto, en la necesidad de crear máquinas que disminuyan el gasto energético muscular para realizar alguna actividad determinada o que en definitiva lo reemplacen, por medio de otras fuentes de energía como pueden ser la eléctrica o la obtenida del petróleo entre muchas otras. Pero el uso total de una energía diferente a la de los músculos nos hace dependientes de la misma y por lo tanto nos limita a ciertos ámbitos.

El desarrollo de un dispositivo para reducir el gasto energético muscular, que no fuese totalmente dependiente de algún otro tipo de energía diferente a la muscular y que además tuviera la versatilidad del cuerpo humano, sería de mucha utilidad dado que reduciría la fatiga del usuario en el trabajo físico y por periodos de tiempo prolongados. Además, un dispositivo como el señalado podría ayudar a compensar las carencias musculares ya sea por falta de ejercicio, lesión o alguna enfermedad.

Para desarrollar un dispositivo de este tipo, en el que se busca reducir el gasto energético muscular y que no sea demasiado complicado, se estima que éste debe ir unido al cuerpo y ser similar mecánicamente a la parte del cuerpo en la que se desea disminuir el gasto energético muscular, con objeto de "copiar" de esta manera las cualidades mecánicas de la sección corporal en la que se esté interesado. Para este proyecto el segmento corporal elegido es el brazo, dado su sencillez relativa y la función que más comúnmente realiza que es la de levantar o jalar objetos.

Al buscar dispositivos que redujeran o eliminaran el gasto energético del brazo humano al jalar o levantar objetos, se encontró la existencia de máquinas en estado experimental similares al dispositivo deseado, que funcionan gracias a la energía eléctrica y que están pensadas para manipular cargas muy superiores a las soportadas por el cuerpo humano en la industria o almacenes. Sin embargo, no se encontró ningún dispositivo que fuera totalmente independiente de la

energía eléctrica y que se utilizara para levantar o jalar objetos pesados, dentro de los límites humanos, en lugares de trabajo, con fines deportivos o para personas con discapacidades físicas relacionadas con el brazo. Por esta razón, el dispositivo cuyo desarrollo se presenta se ha enfocado hacia estos últimos usuarios y ha procurado evitar el uso de cualquier energía que no sea aquella generada por los propios músculos.

La realización del presente proyecto ha implicado:

- Investigar la existencia de dispositivos similares.
- Buscar qué dispositivos existentes podrían realizar la misma tarea básica de levantar o jalar objetos y analizar sus características.
- Investigar la factibilidad de crear un aparato como éste o la oportunidad de su diseño.
- Conocer las características anatómicas generales del cuerpo humano y posteriormente, de manera más específica, las del brazo.
- Buscar qué problemas físicos, fisiológicos o enfermedades pueden afectar el funcionamiento correcto del brazo humano.
- Desarrollar un perfil de producto.
- Definir los criterios ergonómicos a seguir para el desarrollo de una propuesta de diseño de un aparato que redujera el gasto energético muscular en el brazo.
- Definir los criterios funcionales que deben cumplir los mecanismos a desarrollar.
- Considerando los criterios funcionales, seleccionar el mecanismo que mejor se adapte a estos.
- Definir los criterios estéticos que debe respetar el diseño.
- Proponer los procesos de producción a utilizar para la elaboración del prototipo de este dispositivo.
- Desarrollar diferentes propuestas de diseño apegadas lo más posible a los factores humanos, funcionales, de producción y estéticos; elaborando en algunos casos modelos funcionales para comprobar su desempeño.
- Elaborar los planos del diseño seleccionado.
- Fabricar el prototipo del dispositivo buscado.
- Analizar las posibles fallas del prototipo y plantear soluciones.
- Describir lo que se descubrió en el desarrollo de este proyecto, así como las posibles evoluciones y mejoras que podría tener un dispositivo como el planteado en esta tesis.

Debido al perfil escogido (proyectista) y dado que un dispositivo como el que se presenta no tiene antecedentes ni competencia directa en el mercado y que es más bien una exploración de lo que se podría hacer para reducir el gasto energético de los músculos del brazo humano al flexionario, el aspecto mercadotécnico es tratado tan sólo como un presupuesto de costos de investigación y de producción.

## 1.2 Antecedentes.

Las máquinas que ha hecho el hombre para facilitarse el trabajo, buscando que sean adaptables a diferentes ambientes o escenarios, suelen ser complicadas. Esto hace necesario una capacitación del usuario para que éste y la máquina actúen como uno solo, es decir para que el operario conozca perfectamente las posibilidades de la máquina.

En las últimas décadas se han ido desarrollando diversos dispositivos para hacer que la máquina sea más fácil de manejar por el hombre, que el usuario logre tener una integración más rápida y eficiente con ésta o que, en definitiva, la máquina realice en su totalidad las actividades que comúnmente realizaba el humano; a estas últimas se les ha llamado *robots*. Sin embargo hoy en día no existe un robot que tenga la versatilidad ni la capacidad de raciocinio del ser humano. Se han estado desarrollando máquinas que potencian las cualidades anatómicas del cuerpo humano y que mantienen como eje al cerebro humano, a estas máquinas se les ha llamado *exoesqueletos*.

En los años sesenta la compañía norteamericana General Electric desarrolló una máquina llamada Hardyman que emulaba los movimientos del cuerpo humano (fig 1.1). Esta máquina tenía, en cierta medida, la característica de una persona común: dentro de ella se metía un individuo que operaba la máquina de una manera "natural"; es decir, en el momento en que el operario movía una de sus extremidades la máquina movía la misma extremidad pero con mayor fuerza (una tenaza representaba la mano del operario).

En la actualidad, en el laboratorio de Ingeniería Humana de la Universidad de Berkeley (E.U.A), se realizan investigaciones sobre máquinas que son utilizadas como vestimenta (exoesqueletos) para aumentar la fuerza mecánica del hombre que la porta, y en las cuales el intelecto humano sigue siendo el sistema central para manipular las. Estas máquinas se pueden utilizar para manejar cargas pesadas con mucha destreza, velocidad y precisión, en fábricas, muelles, aeropuertos, obras y almacenes. (ver figuras 1.2 - 1.3 - 1.4)

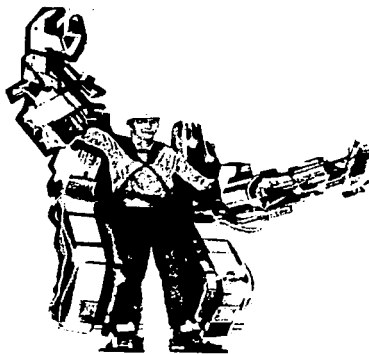


Fig1.1 (Hardyman). (Fuente: Robots por Mark Lambert. Editorial Espasa-Calpe)

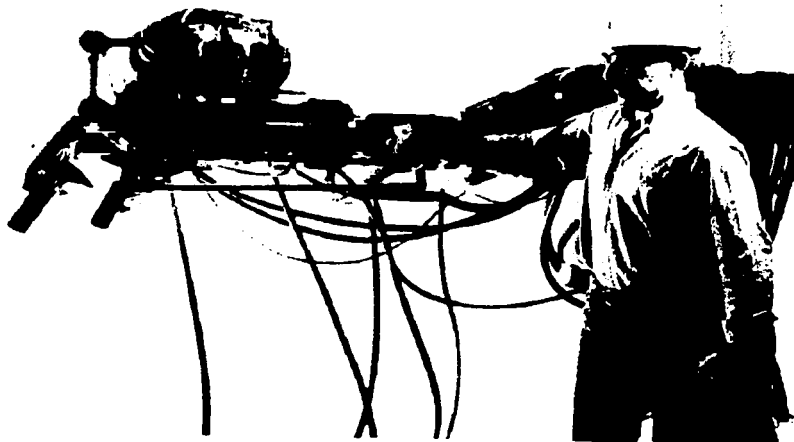


Fig 1.2

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

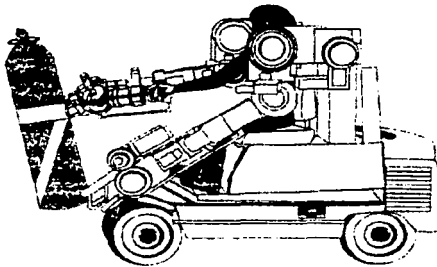


Fig1.3

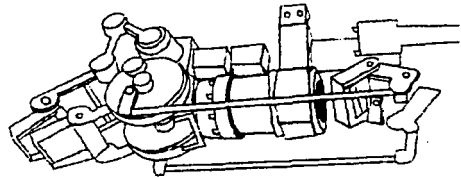


Fig1.4

Figs1.2 - 1.3 - 1.4 Máquinas a las cuales el usuario transmite órdenes mediante fuerzas de contacto. (Fuente: [www.me.berkeley.edu/hel/hydrarm.html](http://www.me.berkeley.edu/hel/hydrarm.html))

El diseño y el control de las máquinas antes mencionadas son diferentes de los robots convencionales, porque éstas interactúan con el hombre a un nivel físico. Dichas máquinas se vuelven una parte integral del humano, quien siente la carga que el robot soporta en una escala mucho más reducida. El hombre transfiere sus órdenes a la máquina por medio de las fuerzas de contacto entre ambos, lo cual elimina la necesidad de palancas de control, botones o teclas para controlarla.

Otras investigaciones interesantes hechas en esa misma universidad, son la elaboración de máquinas controladas por la fuerza de la mano del hombre. Estos dispositivos están pensados para ser usados en máquinas de realidad virtual y se pueden programar para dar al brazo humano la capacidad de sentir las fuerzas asociadas con muchos tipos de acción que lleve a cabo su similar "virtual" (fig 1.5). Estos sistemas se han puesto a prueba en sistemas telerrobóticos (robots que imitan, a control remoto, el movimiento del cuerpo humano o una de sus partes, en forma simultánea al movimiento que realiza la persona). Esta tecnología es muy eficaz para labores peligrosas, ya que este tipo de robots puede imitar cualquier movimiento que haga un humano que lo controle a distancia de una manera natural y sin riesgos.

Todas las máquinas antes mencionadas, dependen de la energía eléctrica, la cual es suministrada por baterías o por una planta eléctrica. No se encontró ninguna que utilizara fotoceldas o cualquier otro tipo de fuente energética.

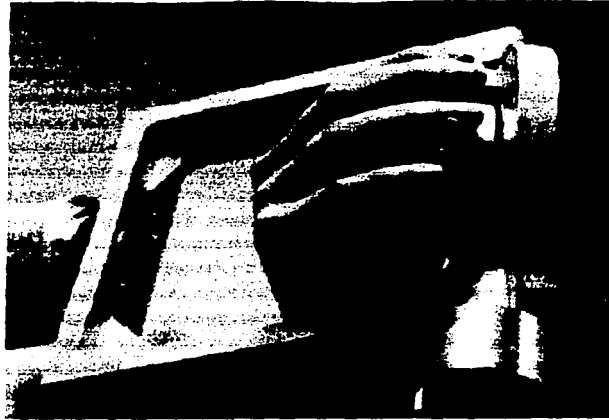


Fig 1.5 Dispositivo pensado para ser usado en máquinas de realidad virtual. (Fuente: [www.me.berkeley.edu/hel/hydrarm.html](http://www.me.berkeley.edu/hel/hydrarm.html))

El conocimiento de la existencia de estas máquinas originó la pregunta acerca de si existía algún tipo de sistema, dependiente tan sólo de la energía muscular y que realizara el trabajo mecánico del brazo humano con el fin de disminuir o anular la fatiga muscular de éste para poder llevar a cabo actividades físicas "pesadas" durante un periodo prolongado de tiempo y en cualquier lugar o ambiente. Ejemplos de este tipo de actividades serían: en el ámbito doméstico, levantar o jalar muebles; en lugares de trabajo, manipular cargas relativamente pesadas; con fines deportivos, escalar o velear en windsurf; en el caso de personas con discapacidades físicas relacionadas con el brazo a causa de una lesión o una enfermedad, el dispositivo propuesto les permitiría recuperar en cierta medida, la fuerza muscular perdida. En la investigación preliminar (electrónica, bibliográfica y de patentes nacionales e internacionales) no se encontró un producto que se haya desarrollado con ese fin.

### 1.3 Oportunidad de diseño

Las máquinas antes mencionadas usan una tecnología muy avanzada, son muy pocas y en su mayoría se encuentran en un nivel de experimentación, por lo tanto son costosas y requieren de un mantenimiento especializado. Además todas ellas usan una importante cantidad de energía eléctrica, están pensadas para trabajos riesgosos que un ser humano no pueda realizar por sí solo o bien para manipular cargas muy pesadas.

No se encontró una máquina que realizara el trabajo mecánico del brazo humano y que se usara, por decirlo así, en labores cotidianas. Hay que tomar en cuenta, también, que existen personas que han perdido fuerza muscular en los brazos a causa de la edad o por falta de ejercicio (por ejemplo para cargar maletas, alzar o jalar objetos), que han sufrido daños musculares o cerebrales permanentes a causa de una enfermedad o accidente o que realizan labores repetitivas pesadas que pueden ocasionar desgastes crónicos de los músculos y articulaciones, para los cuales principalmente, una máquina como la planteada, podría ser de gran utilidad. Una máquina como esta podría ser empleada también por personas en alguna actividad que requiera la mejora del rendimiento muscular en actividades deportivas o laborales como lo puede ser el escalar o el manipular cargas relativamente pesadas.

La propuesta, entonces, consiste en el diseño de un dispositivo, que sustituye el trabajo mecánico realizado por el brazo de una persona adulta al momento de flexionarse. Este dispositivo se coloca en los brazos a manera de "manga" o "chaleco".

**El objetivo del dispositivo diseñado es el de disminuir la fatiga de los músculos flexores de los brazos, en el momento de realizar trabajos como levantar o jalar objetos.** El producto obtenido del diseño se utilizaría en ambientes tanto exteriores como interiores, en lugares de trabajo como pueden ser talleres o mercados, es decir, ambientes de uso rudo y además, no usaría energía eléctrica para la ejecución del trabajo mecánico que substituiría al del brazo humano, lo cual incrementaría su autonomía.



#### 1.4 Mercado Potencial

Como se mencionó en el apartado de antecedentes, no existen productos que cumplan con las características de una máquina que sustituya el trabajo mecánico que ejerce el brazo humano y que se coloque en los brazos a manera de manga o chaleco, por lo menos para fines deportivos, caseros, o para labores de esfuerzo físico límite en cualquier trabajo e incluso para fines médicos de rehabilitación u atenuación de alguna patología muscular en los brazos. Sin embargo existen máquinas, también simples, que llenan las necesidades que pueda tener una persona al momento de manipular objetos, sin cansarla demasiado o provocarle alguna lesión.

A continuación se presenta una lista de productos que pueden servir para la manipulación de materiales o cargas:

*Equipo para asistencia en el lugar de trabajo:*

- Mesas de levantamiento, grúas, elevadores, malacates, montacargas.
- Mesas giratorias, mesas móviles (con ruedas).

*Equipo de transportación:*

- Diablillos, carretillas, carros de transporte no motorizados.
- Plumas, malacates guiados por rieles en los techos, grúas móviles.

Existen también, diseños sustitutos de los anteriores que ya fueron mencionados en los antecedentes y son:

- El "Hardyman", máquina desarrollada por la General Electric en los años sesenta y diseñada para amplificar la fuerza del hombre que estuviera dentro de ella.
- Los trabajos realizados en los laboratorios de Ingeniería Humana de la Universidad de Berkley (E.U.A) acerca de unas máquinas llamadas por ellos "extensores" y que tienen el fin de substituir el trabajo mecánico del brazo humano y "aumentar" la fuerza del mismo, así como los controladores para los sistemas telerrobóticos.

Los consumidores de los diseños antes mencionados (diseños de competencia indirecta y análogos) son industriales, transportistas o fabricantes que se preocupan por la salud, al menos física, de sus empleados y que cuentan con el suficiente espacio para instalar y usar diablillos, carretillas, carros motorizados, etc.

Los consumidores de los diseños sustitutos, además de tener las características anteriores, deben de tener un fuerte poder de adquisición

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

debido al costo de la inversión científica en alta tecnología y la relativa escasez de estos diseños.

Las personas que usan estos dispositivos son el personal operativo que trabaja en todo tipo de ambiente industrial o de servicio.

El servicio principal que presentan estos diseños es el de aumentar el rendimiento de las personas en el trabajo, además de reducir las posibilidades de lesiones y daños corporales debidas a las sobrecargas físicas que pueda sufrir el cuerpo humano al momento de manipular objetos.

El hecho de aumentar el rendimiento de las personas en el trabajo al reducir la fatiga física y disminuir el riesgo de una lesión, trae como consecuencia un beneficio en la salud que repercute en el ahorro económico de las empresas.

Los diseños antes mencionados se utilizan exclusivamente con el fin de aumentar el rendimiento de los operarios, en los lugares de trabajo (ya que reducen la fatiga y las lesiones), pero no se encontró algún diseño que se ocupara de los mismos menesteres en un lugar de trabajo relativamente reducido sin energía eléctrica o para personas con otro tipo de necesidades y ocupaciones como enfermos, deportistas, trabajadores en talleres o hogares, por ejemplo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## II. FACTORES HUMANOS

## 2.1 ANATOMÍA

El hecho de desarrollar una máquina que actúe sobre el cuerpo humano, implica forzosamente el estudio de ciertas características básicas del sistema esquelético-muscular, para saber de qué manera funciona y en qué forma se puede actuar sobre éste para beneficiarlo.

A continuación se mencionarán algunas características anatómicas del cuerpo humano, con el fin de conocer de una manera general, sus características y su funcionamiento.

### 2.1.1 La estructura del esqueleto y sus movimientos.

En términos mecánicos, la estructura total de huesos, articulaciones y músculos, es una intrincada combinación de palancas que permiten un gran número de movimientos coordinados. Los físicos definen a una palanca, como a una barra rígida que gira sobre un punto de apoyo cuando a ésta se le aplica una fuerza en un punto específico. El hueso es una palanca que gira sobre una articulación cuando el músculo que está unido a él se contrae aplicando una fuerza de tracción al hueso.

Es importante hacer notar que los músculos solamente pueden hacer fuerza al contraerse o, por decirlo de otra manera, solo pueden jalar. Esto se debe a que son flexibles (exactamente lo mismo que pasa con las cuerdas, por ejemplo).

### 2.1.2 Las articulaciones.

Existen dos grupos básicos de articulaciones que son:

- Las diartrosis o articulaciones diartrodias o sinoviales.
- Las sinartrosis o articulaciones fibrosas.

*Diartrosis*: palabra de origen griego que significa articulación en la cual hay una separación o cavidad articular. A este tipo de articulaciones se les conoce también como articulaciones móviles.

Se pueden clasificar por el número de movimientos que permiten (ver tabla 2.1). En consecuencia la libertad de movimientos que cada articulación permite esta en función de la estructura de la misma (ver anexo A.1).

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>ARTICULACIONES DIARTRODIAS</b>				
Número de ejes en los que se permite movimiento.	0 Solo traslación.	1	2	3
Clasificación	<b>Artrodias</b> (p.ej. las uniones entre los huesos del carpo)	<b>Trocoides</b> (p.ej. la articulación entre el cúbito y el radio) <b>Trocleanas</b> (p.ej. la articulación del codo)	<b>Condiloartrosis</b> (p. ej. la articulación de la muñeca) <b>Silla de montar</b> (p. ej. la articulación carpo metacarpal)	<b>Enartrosis</b> (p. ej. la articulación entre el húmero y la escápula)

Tabla 2.1 (Wells, K.F. y Lutgens, K. (1976), Kinesiology. Scientific basis of human motion. Ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia)

**Sinartrosis:** Articulaciones inmóviles, cuyas superficies articulares están en contacto directo y se encajan recíprocamente.

Ejemplos: Articulación entre las vértebras, suturas del cráneo, unión media entre radio y cúbito.

### **2.1.3 La función de las articulaciones**

La función consiste en proporcionar a la estructura rígida formada por los huesos un medio para moverse. El hecho de que el cuerpo humano cuente con articulaciones trae consigo un riesgo de inestabilidad y de dislocamiento, las articulaciones tienen entonces, una función secundaria que es la de proveer estabilidad sin interferir con los movimientos deseados. Existen diversos factores que permiten dar estabilidad a las articulaciones del cuerpo, que son: La forma de la estructura ósea, el acomodo de los ligamentos, la membrana de tejido conjuntivo fibroso que envuelve a los músculos (aponeurosis) y los músculos\*(para más información ver anexo A.2).

### **2.1.4 Los músculos.**

A continuación se mencionan algunas características básicas de los músculos que sólo se encargan de las funciones mecánicas del cuerpo humano, no de las fisiológicas.

#### **2.1.4.1 Propiedades del tejido muscular:**

Los músculos estriados son elásticos y tienen la capacidad de extenderse y contraerse. La elasticidad y su capacidad de extensión permiten que el músculo se estire como una liga; en el momento en que la fuerza que lo estira desaparece, éste vuelve a su posición original o de reposo.

Los *tendones* que unen los músculos a los huesos, así como los *ligamentos* que unen a los huesos en las articulaciones o sostienen en su posición a cualquier órgano vital, también poseen las cualidades antes mencionadas. Pero la capacidad de contraerse sólo la tienen los tejidos musculares (los músculos).

#### **2.1.4.2 Fuerza muscular:**

Entre diez y ciento cincuenta fibras musculares constituyen un "paquete primario de fibras musculares" (fascículo), el cual está cubierto por una membrana llamada perimisio. Muchos "paquetes primarios de fibras" están envueltos en un segundo "paquete" que esta cubierto también por el mismo tejido conectivo (perimisio u aponeurosis). De esta manera se van haciendo "paquetes" hasta que se forma un músculo.

La orientación de las fibras respecto al eje longitudinal del músculo, determina la capacidad de contracción del músculo (fuerza), ya que si se hace un corte transversal de todas las fibras de un músculo, se obtiene una sección transversal que en muchos casos, es mayor en los músculos pennados que en los fusiformes. Mientras más grande sea la sección transversal, más fibras musculares contiene y por lo tanto más fuerza.

La fuerza de un músculo también depende de su tamaño (más número de fibras) y del tipo de fibras.

#### **2.1.4.3 Uniones musculares:**

Los músculos se unen a los huesos por medio de los tendones que tienen forma de cuerda o de cinta.

Cuando un músculo se contrae no jala en una dirección u otra sino que ejerce la misma fuerza en sus dos extremos, jalando el uno hacia el otro. Qué hueso va a quedarse estático y cual se va a mover depende del propósito del movimiento.

#### **2.1.4.4 La coordinación del sistema muscular**

Un movimiento intencionado del cuerpo o de sus partes involucra una actividad muscular considerable aparte de la llevada a cabo por los músculos que se encargan de generar el movimiento (motores). Para empezar, los músculos que llevan a cabo el movimiento deben tener un apoyo estable, es decir, que el hueso o huesos que no forman parte del movimiento pero que sirven de apoyo deben de ser estabilizados por otros músculos.

Un músculo no tiene la capacidad de escoger si va a ejecutar un movimiento u otro, son otros músculos los que se contraen para prevenir movimientos no deseados.

Los músculos entonces tienen varios papeles. El papel que jueguen en un movimiento dado depende de los requerimientos musculares de éste. Los papeles que pueden interpretar los músculos son los de llevar a cabo un movimiento, estabilizar, proporcionar soporte y neutralizar (para mayor información ver anexo A.3).

#### **2.1.4.5 La gravedad y la acción muscular**

Cuando alguien mueve un objeto de un lugar elevado a uno bajo usa los mismos músculos que cuando hace la operación inversa y no su grupo opuesto, (como se podría pensar) sin embargo, los usa de una manera distinta.

Cuando uno levanta algo, los músculos que cargan se contraen de una manera "normal", es decir, se contraen gradualmente y su acción es llamada acortamiento o contracción concéntrica\* (ver anexo). Esto pasa también cuando un objeto es movido contra una resistencia, sin importar la dirección del movimiento. Cuando se baja el objeto los mismos músculos vuelven gradualmente a su posición de reposo, esta acción es llamada alargamiento o contracción excéntrica. (ver fig. 1.6)

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

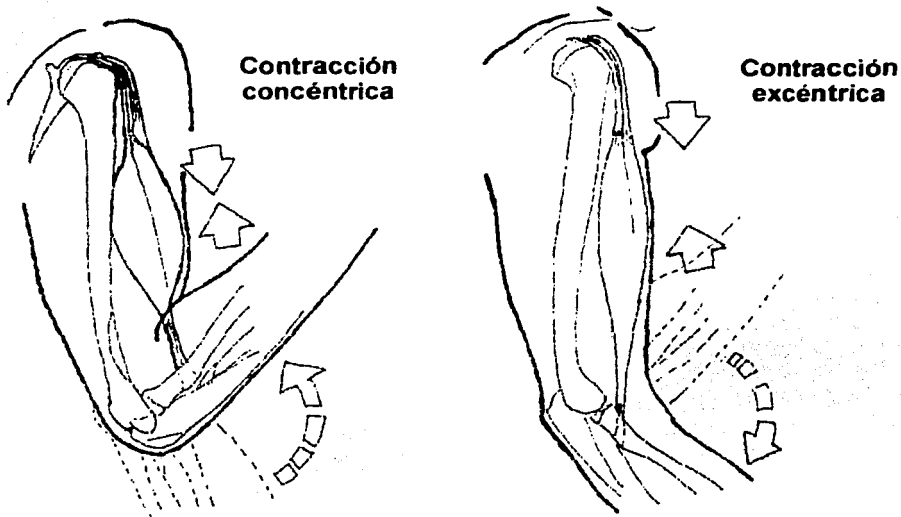


Fig. 2.1 (Contracción concéntrica, ilustración de la Izq. y contracción excéntrica, ilustración de la derecha)

### Conclusión

De lo anterior, podemos destacar que la estructura esquelético-muscular del cuerpo humano es un sistema complejo en el que intervienen diversas estructuras trabajan casi en su totalidad para realizar un movimiento o mantener una postura y que cualquier acción que sea realizado por este o sea infringida a este repercutirá, en mayor o menor grado, en prácticamente todo el sistema.

Por lo tanto, en cualquier diseño que sea elaborado con el fin de ser manipulado por una persona, se debe tomar en cuenta los límites tolerables del cuerpo humano para realizar o soportar cualquier acción, ya que de no proceder de esta manera se podría infligir un daño no solo a una parte del cuerpo sino a todo o casi todo este.

Dado que el dispositivo que se plantea elaborar en esta tesis va a cooperar en la flexión del brazo y va a estar unido a este, es importante profundizar en la anatomía del brazo para conocer como se mueve y cuales músculos ejercen qué movimiento, para así poder crear un aparato lo más fiel posible a las características de este.



## 2.1.5 EL BRAZO

Fig2.2 Articulación del codo (cuadrado) y radio cubitales (rectángulo).



(fuente: Wells, K.F. y Lutgens, K. (1976), "Kinesiology. Scientific basis of human motion". Ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia)

### 2.1.5.1 La articulación del codo

#### Grupo y clasificación

*Es una articulación del grupo de las diartrodias y se clasifica como trocleana (permite movimiento en un solo eje).*

#### Movimientos que permite.

Flexión y extensión. (Ver anexo A.5)

Pocas personas son capaces de hacer una hiperextensión.

### 2.1.5.2 Las articulaciones radio cubitales

#### Grupo y clasificación

Tanto la articulación cúbitoradial proximal como la distal son articulaciones del grupo de las diartrodias y se clasifican como trocoides o pivote.

Movimientos que permite.

Pronación y supinación. (Ver anexo A.5)

**2.1.5.3 Músculos de las articulaciones del codo y radiocubitales.**

Los músculos que a continuación se mencionan están ordenados de acuerdo a su posición relativa respecto a la articulación involucrada. (fig 2.5)

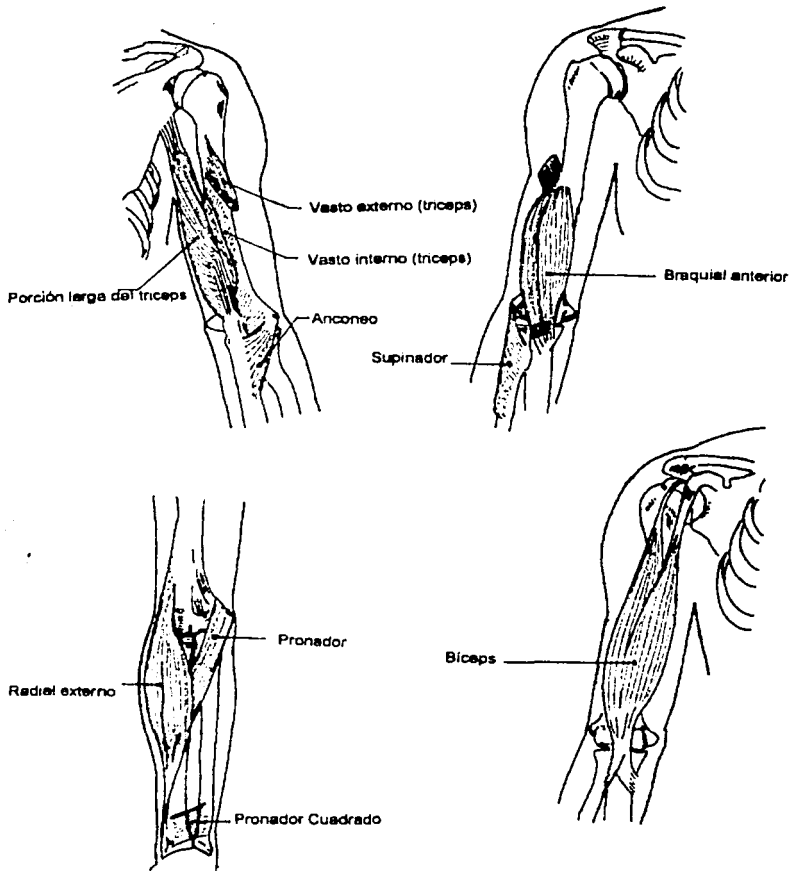


Fig.2.3(Músculos de la articulación del codo) (Wells, K.F. y Luttgens, K. (1976), Kinesiology. Scientific basis of human motion. Ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Región del codo (anterior):*

1. Bíceps o bíceps braquial.
2. Braquial anterior.
3. Braquiorradial (radial externo).
4. Pronador redondo.

*Región del codo (posterior):*

1. Ancóneo.
2. Supinador corto.
3. Tríceps braquial.

*Región de la muñeca (anterior):*

1. Pronador cuadrado.

Características y funciones individuales de los músculos de las articulaciones del codo y radiocubitales.

*Ancóneo:*

Este músculo extiende el antebrazo. También el músculo tiene actividad durante la pronación del antebrazo.

*Bíceps braquial:*

Este es un músculo que principalmente actúa sobre la articulación del codo y radiocubital proximal, pero además también trabaja en la articulación del hombro.

Este músculo flexiona y supina el antebrazo simultáneamente, a menos que esto sea impedido por la acción de neutralizadores o por la fijación de la mano, por ejemplo, cuando la persona está colgando de una barra.

*Braquial anterior:*

La única función de este músculo es la de flexionar el codo, es decir no provoca otros movimientos diferentes a la flexión cuando se contrae. Este músculo tiene mejor ángulo de acción que el bíceps braquial.

*Braquiorradial:*

Es esencialmente un flexor del codo. Se ha observado que este músculo tiene mayor actividad en movimientos rápidos.

Pronador redondo:

Es un pronador del antebrazo, aunque también asiste en la flexión del codo cuando este movimiento se hace contra una resistencia.

Pronador cuadrado:

Su función es la de llevar a cabo un movimiento de pronación del antebrazo. La actividad del pronador cuadrado es mayor que la del pronador redondo independientemente de la velocidad del movimiento o del grado de flexión del codo.

Supinador corto:

Su única función es la de supinar el antebrazo.

Triceps braquial:

Virtualmente constituye tres músculos en uno, el triceps cubre la totalidad de la superficie posterior del brazo. La porción larga del triceps es la única de las tres que cruza a la articulación del hombro. Es un extensor muy poderoso de la articulación del codo, con dos factores a favor, una gran sección transversal y un ángulo de acción favorable.

#### **2.1.5.4 Análisis muscular de los movimientos fundamentales del antebrazo.**

Flexión: Hay tres flexores importantes del antebrazo: El braquial anterior, el braquiorradial y el biceps braquial. El braquiorradial puede ayudar a reducir la pronación o supinación durante la flexión y el biceps, que es supinador así como flexor, va a tender a producir estos dos movimientos a menos que esto se impida por medio de neutralizadores, a través del pronador redondo y el braquiorradial o, en su caso, por medio de la fijación de la mano con algún elemento externo. Como flexor, el pronador redondo trabaja principalmente como un asistente para dar una fuerza adicional cuando esto es necesario.

Extensión: Cuando esta no se produce por la fuerza de gravedad, la extensión del codo se lleva a cabo por medio del triceps y el anconeo.

Pronación: Movimiento del antebrazo en las dos articulaciones radiocubitales, llevado a cabo por la acción combinada de los músculos pronador redondo y pronador cuadrado.

Supinación: Movimiento del antebrazo en las dos articulaciones radiocubitales hecho por los músculos supinador corto y biceps braquial.

### **2.1.5.5 Tipos de fibras musculares que componen a los músculos que extienden y flexionan el codo.**

Los músculos que flexionan y extienden el codo tienen más fibras musculares de segundo tipo (de tono claro) que del primero (de color rojizo), ya que son músculos que se usan solamente para mover el antebrazo y no para mantener al cuerpo en una posición determinada durante mucho tiempo (como mantener el tronco erecto, por ejemplo).

### **2.1.5.6 Clasificación por tamaño de los músculos de la articulación del codo.**

Los músculos que a continuación se mencionan, están ordenados de mayor a menor en tamaño.

#### Flexores de la articulación del codo:

- Bíceps braquial.
- Braquial anterior.
- Braquiorradial.

#### Extensores de la articulación del codo:

- Tríceps.
- Ancóneo.

### **2.1.5.7 Tipo de palanca que ejerce cada músculo en la articulación del codo.**

Los músculos mencionados ejercen una palanca de tercer grado, excepto el tríceps que ejerce una palanca de primer grado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.2 BIOMECÁNICA DEL CODO.

### 2.2.1 Análisis estático de las fuerzas de los músculos que actúan en la flexión del codo.

Al buscar información sobre las fuerzas que ejercen los músculos de la articulación del codo, no se encontró ningún estudio, en algún caso específico, que se ocupara de averiguar la cantidad de fuerza que desarrolla cada uno de los músculos de esta articulación. De igual manera no se hallaron datos que especificaran dimensionalmente los puntos de origen e inserción de los músculos en relación con los huesos que forman parte de la articulación del codo.

Dada la necesidad de conocer estas fuerzas para poder llevar a cabo cálculos sobre los mecanismos a diseñar, se realizó la siguiente metodología para así obtener los datos pertinentes:

1. De una tabla elaborada por Drillis y Contini en 1966 (ver tabla 2.4), en la que se expresa la relación promedio de las medidas de los segmentos corporales respecto a la altura de una persona, se obtuvo la longitud del brazo y el antebrazo de una persona que midiera 1.70 m, definiéndose esta como "persona tipo".

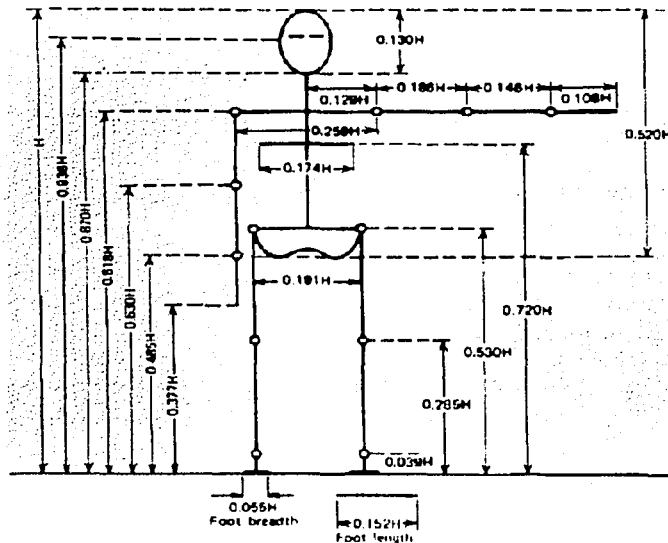


Tabla 2.4 (Longitudes de los segmentos corporales expresadas en función de la altura del cuerpo  $H$ )

(Tabla elaborada por Drillis y Contini .Winter David A., 1930- . "Biomechanics and motor control of human movement." 2<sup>nd</sup> ed 1990. Ed Wiley-Interscience Publications, New York.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2. Posteriormente se obtuvieron las longitudes de los ejes mecánicos de los segmentos (distancia en línea recta desde el punto medio de una articulación en un extremo al punto medio de la articulación en el otro extremo) del brazo y antebrazo, por medio de las relaciones *estatura/segmentos*.
3. A partir de estas medidas y con la ayuda de dibujos anatómicos y fotografías seccionales del brazo y antebrazo, se sacaron las relaciones dimensionales de las inserciones y orígenes de los músculos que actúan en la flexión del brazo en el codo, respecto a la estatura de una persona. En el caso del bíceps solo se tomó en cuenta la parte que va del húmero al radio para simplificar los cálculos. Para las fotografías y dibujos se usaron los libros de "Anatomía Humana" del Dr. Fernando Quiroz Gutierrez, "Kinesiology scientific basis of human motion" por Katharine F. Wells y Kathryn Luttgens, "Anatomy" por Walter T. Foster y "David on line Atlas of Human Anatomy". Copyright 1998 <http://www.cid.ch/DAVID/Mainmenu.html>. CID (Centre d'Imagerie Diagnostique), Lausanne, Suiza.
4. A partir de una tabla elaborada por NABISCO\* se obtuvo el peso ideal para una persona que midiera 1.70m (68kg), para posteriormente usar otra tabla (*BIOMECHANICS AND MOTOR CONTROL OF HUMAN MOVEMENT second edition; David A. Winter. página 56 tabla 3.1*) con la que se obtienen el peso y centro de gravedad de algunos segmentos corporales en relación con el peso total de una persona. De esta se obtuvo el peso y centro de gravedad del antebrazo para una persona tipo.
5. Después se llevaron a cabo los cálculos estáticos de las fuerzas ejercidas en el espacio por los músculos bíceps, braquiorradial y braquial anterior, en diferentes posiciones del antebrazo, para el caso de la persona tipo y sin ninguna carga externa.
6. Dados los resultados que se obtuvieron, se realizaron también cálculos estáticos para obtener la fuerza que ejercen los músculos ya mencionados pero con un peso externo que estuviera ubicado sobre el eje mecánico del antebrazo y más o menos a la distancia de la articulación del codo a la mano. De igual manera se hicieron, con la misma distancia, cálculos con un peso ubicado a un lado del eje mecánico del brazo, así como con una fuerza perpendicular al eje mecánico del brazo sobre el plano que formaría la palma de la mano en su posición anatómica. También se hizo un cálculo de la fuerza que ejercen los músculos cuando la mano se encuentra en su posición normal.

\* NABISCO: Nombre propio de una compañía de la industria alimentaria.

7. Finalmente se desarrolló un programa de cómputo mediante el cual se pueden obtener las fuerzas de los músculos ya mencionados, dándole los puntos en el espacio del origen e inserción de éstos así como el del centro de gravedad y el peso del antebrazo. También se puede con el programa calcular la fuerza en los músculos con un peso externo sobre el plano sagital (plano xy).

### 2.2.2 Resultados y Discusión.

A continuación se muestran los resultados obtenidos por los cálculos en una persona de 1.70 m de altura y 68 Kg de peso, sin ninguna carga externa.

**TABLA DE FUERZAS MÚSCULARES EN LA ARTICULACIÓN DEL CODO**  
(Las fuerzas se dan en Kg)

Músculo	Angulos en grados					
	0	30	60	90	120	150
Braquial Anterior	0	-3.07	-0.6	-3.21	-3.64	-9.51
Braquiorradial	0	-2.23	-3.33	-2.48	-2.02	-1.44
Biceps Braquial	0	9.49	11.08	14.5	17.72	42.14

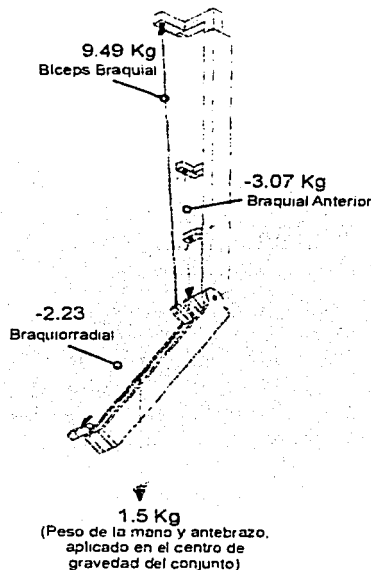


Fig 2.5 (Diagrama que muestra la disposición de los músculos y fuerzas que ejercen cuando el brazo se encuentra flexionado 30° y sin cargar ningún peso externo)



De estos resultados se puede deducir que el *biceps* es el único músculo que trabaja al momento de flexionar el brazo, esto se debe a que los resultados de las fuerzas obtenidas para los músculos *braquial anterior* y *braquiorradial* fueron negativos, lo que significaría que estos empujarían lo cual no es posible dado que los músculos sólo pueden ejercer fuerza al contraerse.

Posteriormente, con el programa antes mencionado se calcularon las mismas fuerzas musculares, pero con un peso externo de 15kg aplicado sobre el eje mecánico del antebrazo y más o menos a la distancia del codo a la mano, (ver Fig. 2.6) para saber si de esa manera los músculos braquiorradial y braquial anterior llegaban a trabajar. Pero los resultados mostraron que el *biceps* seguía siendo el único músculo flexor del antebrazo o que al menos era el más importante para tal acción. A continuación se muestra una tabla con dos resultados representativos de este experimento.

**Tabla de fuerzas musculares en la articulación del codo  
para un peso externo aplicado sobre el eje mecánico del antebrazo**  
(fuerzas expresadas en kg)

Músculo	Ángulos (grados)	
	60°	120°
Braquial Anterior	-15.192	-1.865
Biceps Braquial	58.331	30.046
Braquiorradial	-12.477	-1.616

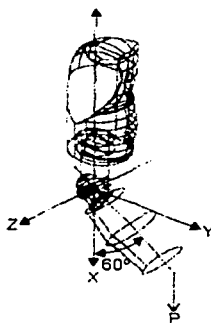


Fig 2.6 (Peso externo aplicado sobre el eje mecánico del antebrazo y más o menos a la distancia del codo a la mano)

A continuación y con el fin de saber cuándo los músculos braquial anterior y braquiorradial trabajaban; se estableció la hipótesis de que el antebrazo contaba con un peso externo de 3kg, el cual estaba alejado de su eje longitudinal de  $-15\text{cm}$  respecto al eje  $z$  (Fig 2.7). Los resultados mostraron que, para una posición del antebrazo de  $60^\circ$ , el músculo braquial anterior ejercía una fuerza de 28kg, el braquiorradial ejercía una fuerza de  $-23.49\text{kg}$  (no trabaja) y el bíceps ejercía una fuerza de  $36.16\text{kg}$ .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

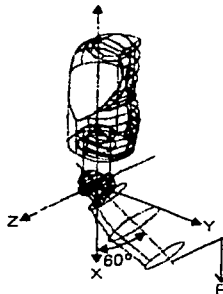


Fig 2.7 (Antebrazo con un peso externo, alejado de su eje longitudinal de  $-15\text{cm}$  respecto al eje  $z$ )

Para finalizar y buscando en qué momento el músculo braquiorradial trabajaba; se estableció la hipótesis de que al antebrazo se le aplicaba una fuerza en sentido  $-z$  de 3kg y perpendicular al eje longitudinal de este (Fig. 2.8). Al realizar los cálculos para esta hipótesis y para una posición del antebrazo de  $60^\circ$  se obtuvieron los siguientes resultados: El músculo braquiorradial ejercía una fuerza de 48kg, el braquial anterior una de  $121\text{kg}$  y el bíceps ejercía una de  $-214\text{kg}$  (no trabaja).

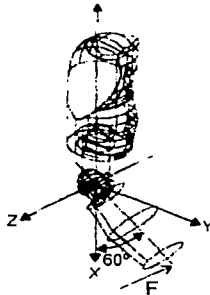


Fig. 2.8 (Antebrazo al que se le aplicaba una fuerza en sentido  $-z$  de 3kg y perpendicular al eje longitudinal de este)

**Conclusión.**

Lo que se puede concluir, de todo lo anterior, es que el bíceps es el principal flexor de la articulación del codo, que el músculo braquial anterior es un músculo asistente del bíceps y que el músculo braquiorradial sirve para evitar que la articulación del codo se disloque en una orientación medial.

Por lo tanto, para calcular las fuerzas que se apliquen a los sistemas por diseñar y para facilitar los cálculos se utilizarán, tan sólo, el punto de apoyo y la fuerza ejercida del bíceps sobre un solo plano espacial. Se demostró, por medio de cálculos estáticos, que la fuerza ejercida por el bíceps en los tres planos espaciales es casi idéntica a la fuerza ejercida por el bíceps en un solo plano espacial (Fig. 2.9).

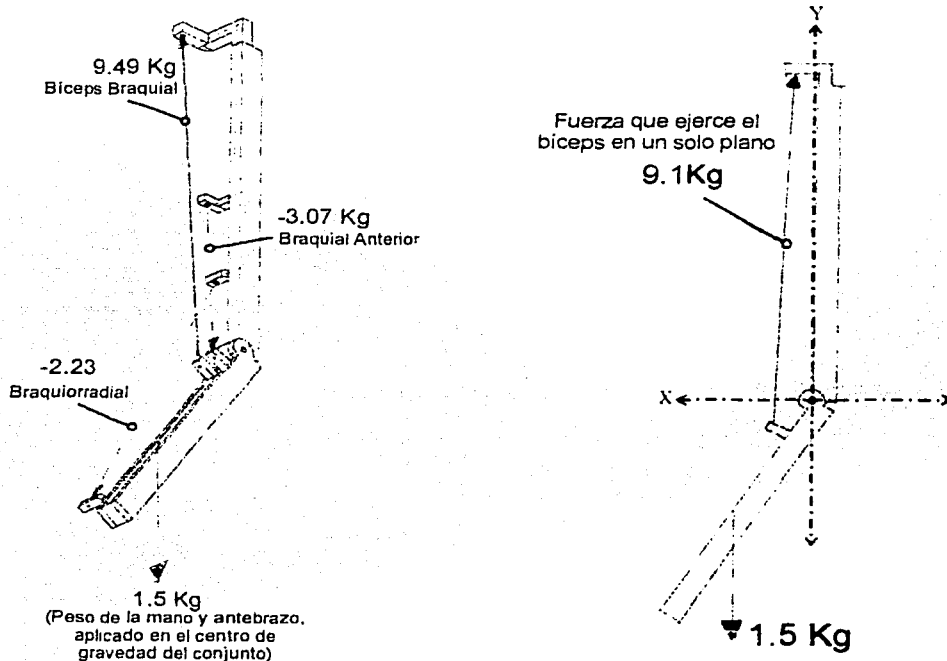


Fig. 2.9 ( Esquemas comparativos donde se puede apreciar que la fuerza ejercida por el bíceps en los tres planos espaciales es casi idéntica a la fuerza ejercida por este, en un solo plano espacial)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**2.3 Enfermedades musculares que afectan al brazo**

A continuación se muestran en la tabla de "Características de las enfermedades", algunas de las enfermedades musculares para las cuales un sistema que amplifique ocasionalmente la fuerza del brazo en la articulación del codo, sería útil. Estas enfermedades son todas degenerativas y en algunos de los casos se controlan por medio de medicinas.

En la tabla se describen las enfermedades que afectan a las extremidades del cuerpo y en particular las que afectan al brazo y al antebrazo.

No se mencionan en esta tabla enfermedades que dañan a los músculos cuando se hace un ejercicio muy intenso.

Enfermedad	Características de las enfermedades			
	Edades en que comienza aproximadamente la enfermedad	Debilidad generalizada y desgaste muscular que afecta a las extremidades	Afecta especialmente al brazo y/o antebrazo	Progresión de la enfermedad
Distrofia muscular de Duchenne (distrofia muscular pseudohipoertrofica)	2 a 6 años	X		Progresión lenta. Afecta al fin a todos los músculos voluntarios. Muerte antes de 26 años
Distrofia muscular de Becker	13 a 18 años	X		Progresión lenta. Afecta al fin a todos los músculos voluntarios. Vida normal hasta los 60 años.
Distrofia muscular de Emery-Dreifuss	0 a 13 años	X	X	Progresión lenta. Las complicaciones cardíacas son comunes
Distrofia muscular facioescapulohumeral	0 a 18 años		X	Progresión lentamente Puede durar varias décadas.
Distrofia muscular distal	40 a 60 años		X	Progresión lentamente. No amenaza la vida
Eclorosis amiotrofica lateral	18 años en adelante	X	X	Progresión rápidamente. Se vive de 3 a 5 años.
Dermatomiositis	0 a 60 años	X		La progresión depende de la persona La enfermedad se puede controlar con medicinas
Polimiositis	0 a 60 años	X		" "
Myastenia Gravis	0 a 50 años	X		La progresión varía según la persona. Hay tratamientos efectivos.
Miopatía hipertrófica	0 a 50 años	X	X	Existe tratamiento.
Miopatía hipotrofica	0 a 50 años	X	X	Existe tratamiento
Ataxia de Friedreich	0 a 15 años	X		La progresión y severidad varían según la persona

### **2.3.1 Otras causas que pueden perjudicar a las funciones motoras del cuerpo humano**

Aparte de las enfermedades musculares antes mencionadas existen otras causas que pueden tener repercusiones sobre los músculos voluntarios del cuerpo humano y que a continuación se mencionan.

#### Lesión en la medula espinal:

Una lesión leve en la medula espinal, puede causar el entorpecimiento de algún grupo muscular dependiendo de la parte en que esta haya sido lesionada. En el caso de los músculos de la totalidad del brazo, la lesión sería en los nervios cervicales de la medula espinal.

#### Ataque cerebral:

Los ataques cerebrales se deben a que una arteria en el cerebro se rompe (por presión arterial alta o por algún golpe en la cabeza), o porque esta se obstruye (por ateromas). La parte en el cerebro en que suceda lo anterior, determina el impacto que tenga el ataque en la totalidad del cuerpo humano así como en su mente.

Una lesión en la parte frontal del cerebro podría implicar deficiencias en la coordinación motora y en las funciones motoras voluntarias, entre muchas otras deficiencias como pueden ser la memoria y pensamiento abstracto de un individuo.

Una lesión en la parte posterior del cerebro y para ser más específicos, en el cerebelo, traería como consecuencia deficiencias en la coordinación motriz inconsciente, fundamentalmente en los movimientos de las extremidades, cuando se trata de mantener una postura o en la orientación espacial de las partes del cuerpo.

#### Corte muscular:

La cortadura de un músculo repercute sobre su capacidad para ejercer la fuerza ya que este tipo de tejido no se regenera.

## **2.4 SISTEMA DE RELACIÓN HOMBRE - OBJETO**

En la creación de cualquier diseño es necesario observar la relación posible que pueda existir entre el usuario y el objeto que se pretende elaborar.

En este caso la relación hombre-objeto es muy estrecha dado que el dispositivo se ajusta directamente sobre el cuerpo de la persona. Por lo tanto, para que el usuario se sienta cómodo usando un aparato como éste, se deben identificar los aspectos a cuidar para cumplir con este fin. A continuación se mencionan los aspectos considerados:

- A.-** Edades hacia las cuales está enfocado el dispositivo.
- B.-** Sexo hacia el cual está enfocado.
- C.-** Dimensiones corporales de los usuarios y tipos morfológicos de usuarios del dispositivo.
- D.-** Capacidad física de las personas para jalar o levantar objetos.
- E.-** Tolerancias del humano a la presión ejercida por elementos físicos externos (listones, elásticos, peso, etc.), que formen parte del dispositivo.
- F.-** Percepción del humano a las temperaturas.
- G.-** Alergias a los materiales susceptibles de ser empleados.
- H.-** Transmisión de movimientos nocivos para el usuario del aparato.

Identificados estos aspectos, se procede a describir su relación con el diseño a elaborar.

#### **2.4 A.- Edades hacia las cuales está enfocado el dispositivo.**

Este diseño está enfocado hacia las personas mayores de 23 años de edad. Esto se debe a que tanto en la niñez como en la pubertad y adolescencia la tasa de crecimiento es muy variable por lo que la vida útil de un diseño como el que se plantea sería muy corta. En el caso de personas con capacidad física o motriz disminuida (como pueden ser las personas de edad) se podría adaptar el dispositivo a las necesidades de estos individuos.

#### **2.4 B.- Sexo hacia el cual está enfocado el dispositivo.**

Este diseño, en principio, está pensado para hombres, dado que la estatura utilizada para elaborar los cálculos (1.70 m) corresponde, aproximadamente, al promedio de la población masculina de los adultos según tablas norteamericanas consultadas.

Sin embargo el peso máximo establecido que se utilizó para estimar la cantidad de peso que podría levantar el dispositivo en cada brazo, corresponde a la cantidad máxima permitida para levantar cargas en Estados Unidos de América (establecida por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, NIOSH, por sus siglas en inglés) tanto para hombres como para mujeres.

Por otro lado, siendo este un desarrollo experimental, es necesario limitar las variables para facilitar el desarrollo del mismo. De esta manera, la adaptabilidad del dispositivo a una amplia gama antropométrica de población no va a ser un factor relevante en esta investigación.

El rango de dimensiones antropométricas va a estar restringido a dimensiones corporales masculinas y a aquellas femeninas que entren dentro del rango que se menciona a continuación.

#### 2.4 C.- Dimensiones corporales de los usuarios y tipos morfológicos de usuarios del dispositivo.

Cuando se elaboraron los cálculos estáticos para el dispositivo a diseñar se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

Primero, de un modelo humano elaborado por Drillis y Contini en 1966, en el cual se exponían las proporciones entre articulaciones de cada segmento corporal en relación con la altura de las personas, establecí las dimensiones de la parte superior del brazo y antebrazo así como la distancia de la muñeca a las articulaciones metacarpianas (esta última deducida a través de una relación elaborada por mí y usando como modelo a mi mano) para una persona que midiera 1.70 m de altura (mi altura es de 1.72m). Las distancias obtenidas fueron las siguientes:

- De la articulación del hombro a la del codo: 31.6 cm
- De la articulación del codo a las articulaciones metacarpianas (dado que se presupone que los pesos levantados por la persona se encontrarían en la mano): 31.6 cm

Basándose en estas longitudes y a un peso fijado a levantar, se elaboraron los cálculos estáticos para el dispositivo a diseñar. Sin embargo, aunque estas dimensiones se tomaron a partir de una o un grupo de personas que tuvieran la estatura de 1.70 m esto no quiere decir que otro grupo de personas con otras estaturas no pueda utilizarlo. El rango dimensional de las personas que pudiesen utilizar este aparato esta determinado por los siguientes factores.

- La longitud de la parte superior del brazo debe ser superior a 31.6 cm o ligeramente inferior, en 2 cm (esto debido a que el aparato sobresaldría del hombro y podría disminuir la movilidad de éste).
- La longitud de la articulación del codo a las articulaciones metacarpianas no debe ser superior o inferior en más de 1 cm a la de 31.6 cm, para que las capacidades del diseño para ejercer trabajo no sean modificadas sustancialmente.

Fijados estos rangos dimensionales se pueden establecer a partir de tablas antropométricas, los percentiles a los cuales este diseño en particular es adaptable.

Dado que la población con la cual este diseño podría tener una primera prueba sería la mexicana, busqué las tablas antropométricas de ésta pero no encontré ninguna, así que utilicé una tabla antropométrica de la población civil estadounidense (elaborada por Kroemer en 1981), que al menos podría ser extrapolable para la población de los estados del norte del país.

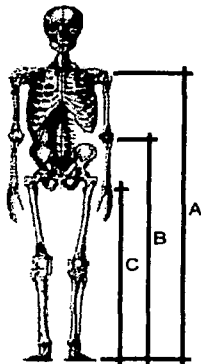


**Este diseño se adapta al rango de percentiles del 20 al 80 masculino.**

Dimensiones de los percentiles 20/80 masculinos (en cm).

**ALTURAS**

Altura del hombro (del piso al acromion) "A"	139.042/149.52
Altura del codo "B"	103.209/111.33
Altura de la muñeca "C"	81.164/ 88.7

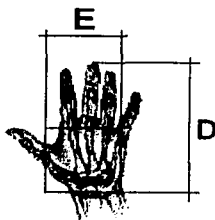


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

(Fuente: <http://www.anatomical.com//item>)

**DIMENSIONES DE LA MANO**

Longitud de la mano "D"	18.55/20.2
Anchura (metacarpiana) de la mano. "E" (casi idéntica a la longitud existente entre la articulación de la muñeca a la articulación distal de los huesos metacarpianos).	8.69/9.39



(Fuente: <http://www.anatomical.com//item>)

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

De estos datos podemos obtener las longitudes de la parte superior del brazo, antebrazo y antebrazo-metacarpianos de cada percentil. Las cuales son los siguientes:

Dimensiones de los percentiles 20/80 para la parte superior del brazo antebrazo y antebrazo-metacarpianos (en cm).

Parte superior del brazo	35.83/38.19
Antebrazo	22.04/23.19
Antebrazo-metacarpianos	30.73/32.55

**Este diseño se adapta al rango de percentiles del 97 al 99.5 femenino.**

Dimensiones de los percentiles 97/99.5 femenino (en cm).

**ALTURAS**

Altura del hombro (del piso al acromion)	"A"	144.24/148.275
Altura del codo	"B"	108.21/111.330
Altura de la muñeca	"C"	86.28/88.973

**DIMENSIONES DE LA MANO**

Longitud de la mano	"D"	19.87/20.548
Anchura (metacarpiana) de la mano. (casi idéntica a la longitud existente entre la articulación de la muñeca a la articulación distal de los huesos metacarpianos).	"E"	8.65/8.918

Dimensiones de los percentiles 90/99.5 para la parte superior del brazo-antebrazo y antebrazo-metacarpianos (en cm).

Parte superior del brazo	36.03/37.00
Antebrazo	21.93/22.36
Antebrazo-metacarpianos	30.58/31.28

A partir de los datos obtenidos, se puede percatar que, para las dimensiones con que fue calculado el dispositivo, este se adapta prácticamente a las dimensiones antropométricas de los hombres.

Por lo tanto este diseño, en principio, se enfocará a los usuarios masculinos. Sin embargo, claro está, esto no quiere decir que las variables en los cálculos mecánicos estáticos no puedan ser modificadas para obtener las dimensiones adecuadas para un diseño enfocado a las mujeres, pero dada la complejidad del aparato y a que el primer usuario del mismo va a ser un hombre, el desarrollo del diseño se enfocará sobre este género.

#### **2.4 D.- Capacidad física de las personas para jalar o levantar objetos.**

Para evitar algún tipo de lesión física y principalmente en la espalda del usuario, hay que evitar que la capacidad de ejercer fuerza del mismo sobrepase las capacidades físicas recomendables del individuo tanto al jalar como al levantar. Por lo tanto a continuación se muestran los límites a no sobrepasar por el usuario al realizar las actividades mencionadas.

En 1991 el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, NIOSH por sus siglas en inglés, elaboró una ecuación en la cual se contempla el "peso límite recomendado". Esta representa el peso máximo de una carga que puede ser levantada aproximadamente por el 90% de los trabajadores industriales estadounidenses, ya sean hombres o mujeres y que estén físicamente en forma y acostumbrados al trabajo físico.

En esta ecuación existe una constante llamada "constante de carga" que representa el peso máximo permisible a no sobrepasar bajo ninguna circunstancia y que puede ser levantado por una persona utilizando ambas manos, este peso es de 23kg. En esta ecuación existen también otras 6 variables que pueden tener valores entre cero y uno y que se multiplican todas junto con la "constante de carga" para obtener el "peso límite recomendado". Sin embargo, estas otras seis variables como su nombre lo indica, dependen de una innumerable cantidad de factores externos (como son la calidad del agarre del cual se toma la carga o los grados que se rota el tronco del usuario para levantar un peso), que no son contempladas en el diseño de este producto dada la infinidad de actividades que puede realizar el usuario del mismo.

La cantidad de fuerza límite que puede ejercer una persona con las dos manos para jalar una carga, es siempre superior a la de levantar o bajar a esta (según la tabla "maximal acceptable pull forces" de Snook y Cirello, 1991).

De aquí que para elaborar el cálculo estático, se tomara en cuenta que el aparato podría mantener en equilibrio un peso de 15 kg en cada brazo. Si bien el máximo permitido para levantar o bajar una carga con las 2 manos es de 23Kg (11.5 en cada mano), también el aparato a diseñar no es una máquina perfecta y por lo tanto tiene pérdidas de fuerza debido a los rozamientos que puedan existir en sus partes tanto mecánicas como hidráulicas.

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 2.4 E.-Tolerancias del humano a la presión ejercida por elementos físicos externos (listones, elásticos, peso, etc.), que formen parte del dispositivo.

Dado que este dispositivo va a ser sujeto al cuerpo, sería importante saber que tanta presión ejercida por algún elemento externo al mismo, podría ser soportable para el usuario.

Aunque existen estudios de los límites mínimos en los cuales se percibe una determinada presión no se encontró ninguno en el cual se mencionaran los límites tolerables de esta para que una persona se sintiera cómoda. Esto puede deberse a que la tolerancia a la presión varía mucho de persona a persona y a que cada parte del cuerpo es sensible a la misma en diferentes niveles (la cara, así como las puntas de los dedos son las que tienen mayor sensibilidad y el antebrazo como la pierna de la rodilla hacia para abajo, son las partes que menos). La tolerancia a las presiones externas, depende del área anatómica a la cual estas se aplican (las áreas con más tejidos musculares o blandos, son más tolerantes), el tiempo que la presión es aplicada; de la salud cardiaca de la persona así como la de su piel.

Sin embargo, el hecho de no existir algún dato al respecto no quiere decir que uno pueda ejercer arbitrariamente una fuerte presión a alguna parte del cuerpo. Hay que tomar en cuenta algunos aspectos que no pueden hacerse a un lado y que a continuación se exponen.

El principal aspecto a cuidar es la restricción al flujo de la sangre que pueda representar el aplicar presión a alguna parte del cuerpo. El comprimir una arteria reduce el flujo de sangre a la zona a la cual esta alimenta y por ende reduce el suministro de oxígeno y nutrientes a los músculos, tendones y ligamentos. También implica la disminución de la capacidad para remover desechos metabólicos (como el ácido láctico, el CO<sub>2</sub>, el calor y el agua). Todo esto provoca "isquemia", la cual limita en particular, la posible duración de las acciones musculares que pudiera llevar a cabo una persona y disminuye la recuperación de los músculos fatigados después de alguna actividad.

Por lo tanto, a falta de información más precisa que la anterior, solo hay que procurar que las presiones que el dispositivo provoque al brazo de la persona sean las menores posibles. Esto se puede lograr mediante el aumento del área de las partes que sujetan el aparato al brazo así como de aquellas en las que el aparato ejerce fuerza sobre el mismo. Una presión externa no incómoda para el cuerpo humano es una de 0.5kg/cm<sup>2</sup>.

---

\* Isquemia: Cambios producidos en los tejidos cuando son sometidos a un deficiente riego sanguíneo.

#### 2.4 F.- Percepción del humano a las temperaturas.

Uno de los aspectos que podría resultar incomodo para el usuario de este diseño sería que al ponérselo, siempre sintiera una diferencia de temperatura fuerte entre este y su temperatura corporal. Por lo tanto, es importante considerar algunos aspectos respecto a la percepción del hombre respecto a la temperatura, que se mencionan a continuación:

- La piel del humano tiene una temperatura propia, a partir de la cual uno percibe lo caliente o lo frío a esta temperatura se la llama cero psicológico ( $\pm 33^{\circ}\text{C}$ ), cualquier objeto que esté en contacto con la piel y que tenga esta temperatura es considerado neutro u indiferente (no es percibido en un aspecto térmico). Enfriar o calentar lentamente la piel, cerca del cero psicológico, puede no producir una sensación de cambio, a esta área se le denomina zona de neutralidad y está dentro de los  $31^{\circ}\text{C}$  y  $36^{\circ}\text{C}$ . Una temperatura por debajo del cero psicológico es considerada por el humano como fría y por arriba como caliente.
- Los humanos nos adaptamos rápido las sensaciones de calor (excepto a altas temperaturas) y lentamente a las frías aunque en realidad, esta adaptación al frío no parece darse del todo. El enfriamiento rápido puede sentirse como muy frío cuando en realidad, físicamente, es poco el cambio de temperatura. Existen interacciones entre sensaciones mecánicas y térmicas; una presión aplicada en la piel en condiciones frías es percibida con más intensidad que cuando se aplica en condiciones cálidas.
- La principal función del sistema termorregulador del cuerpo humano, es la de mantener cerca de  $37^{\circ}\text{C}$  la temperatura interior del cuerpo. Esto lo consigue, regulando el intercambio de energía entre el calor generado en el cuerpo y la fuente externa de energía, la cual puede ganarse en ambientes cálidos o perderse en los fríos.
- Los intercambios de energía del cuerpo con el ambiente se dan por medio de la radiación, convección, conducción, y evaporación. En el caso de este diseño sólo nos interesa la radiación, que es el intercambio de calor a través del flujo de la energía electromagnética entre dos superficies opuestas y a diferentes temperaturas. El calor siempre se irradia de la superficie más caliente a la fría. Por lo tanto el cuerpo puede ganar o perder calor a través de la radiación. La cantidad de energía irradiada ganada o perdida por el cuerpo a través de la radiación ( $Q_r$ ), depende en esencia de las superficies de los cuerpos ( $S$ ) participantes y en la diferencia entre el cuádruple de las temperaturas de estos ( $T$ ).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$Qr = f(S, \Delta T^4)$$

Aproximada por

$$Qr \approx hpS \times \Delta t$$

Donde  $hp$  es el coeficiente de transferencia de calor (coeficiente térmico)  
El corcho, la madera y los plásticos se sienten tibios porque sus coeficientes de transferencia de calor están por debajo de aquel del tejido humano. Los metales estando a una misma temperatura ambiente que la de la piel, aceptan al calor del cuerpo con mayor facilidad y lo conducen fuera; por lo tanto se sienten más fríos que la madera o el corcho.

Por lo tanto, para este diseño, lo ideal sería que al ponérselo no existiera ninguna sensación de frío ni de calor extremo, esto se lograría manteniendo al aparato lo más cercano a la temperatura del cero psicológico. Sin embargo en este diseño no se contempla utilizar sistemas de calentamiento u enfriamiento, por lo tanto lo único que se puede hacer es evitar que al ponérselo, la cantidad de energía irradiada por el cuerpo sea la menor posible. Esto se puede conseguir, como la fórmula lo indica, disminuyendo el área del objeto que está en contacto con el cuerpo o/y utilizando un material con un coeficiente térmico inferior al de la piel (materiales mejor conocidos como térmicos).

#### 2.4 G.-Alergias de los humanos a los materiales susceptibles de ser empleados.

Las repuestas inmunológicas del cuerpo humano a las alergias pueden ser muy variadas (el sistema inmunológico ataca al propio cuerpo), pero sin duda, ninguna de estas por más leve que sea es percibida como agradable o cómoda. Por lo tanto se debe de evitar en la medida de lo posible, el uso de materiales que pudieran producir algún tipo de alergia en este diseño. A continuación menciono, en forma de tabla, algunos de los materiales que podrían ser utilizados en este diseño y que posiblemente lleguen a estar en contacto con la piel, posteriormente expongo si produce alguna alergia y si es el caso, sus síntomas.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Material</b>	<b>¿Produce alergia a algunas personas?</b>	<b>Reacción típica de la piel</b>
<b>Metales</b>		
Níquel	+sí	Dermatitis de contacto (ronchas)
Cromo	sí	Dermatitis de contacto
Aceros al Carbón	No (de preferencia sin contenido de plomo)	
Aceros Inoxidables	sí (contienen níquel y cromo)	Dermatitis de contacto
Latón	no (si no contiene níquel)	
Bronce	no (si no contiene níquel)	
Aluminio	no	
<b>Resinas</b>		
Epóxicas	+sí	Dermatitis de contacto
Acrílicas	+sí	Dermatitis de contacto
Fenol formaldehído	+sí	Dermatitis de contacto
<b>Hules químicos</b>		
Mezcla "thiuram"	sí	Dermatitis de contacto
Mezcla "carba"	sí	Dermatitis de contacto
Mezcla "PPD"	sí	Dermatitis de contacto
Mezcla "mercaptop"	sí	Dermatitis de contacto
<b>Hule natural</b>		
Latex	sí	Dermatitis de contacto. Urticaria. Inflamación de la capa más profunda de la piel (angioderma). Inflamación de los ojos y nariz (rinoconjuntivitis). Asma. Reacciones anafilácticas (reacción inmediata, del sistema inmunológico; puede ser letal)
<b>Plásticos</b>		
Todos	sí	Dermatitis de contacto
<b>Elementos químicos en pegamentos, adhesivos, pinturas y hules, entre otros.</b>		
Acido sórbico	si	Urticaria
Cianocrilatos	sí	Dermatitis de contacto
4-ter-butilfenol	si	Dermatitis de contacto, pérdida de pigmentación en la piel.
Cobalto, monómeros de acrílico, y cromato	si	Dermatitis de contacto
<b>Textiles</b>		
Algodón	no	
Sintéticos	Sí (pues contienen plástico)	Dermatitis de contacto

En las partes que aparece un símbolo +, quiere decir que la población afectada por esta alergia es mayor. (Tabla elaborada a partir de los siguiente sitios de Internet: [www.melisa.org](http://www.melisa.org), [www.intelihealth.com](http://www.intelihealth.com) y [www.nsc.gov.sg](http://www.nsc.gov.sg)).

Al observar esta tabla uno se puede hacer una idea de los materiales más convenientes a utilizar en la elaboración del diseño, así como de la manera de evitar el contacto con los agentes alérgicos. Así vemos que los materiales totalmente seguros para evitar alguna reacción alérgica y que pueden ser utilizados en el diseño son el aluminio y el algodón.

#### 2.4 H.- Transmisión de movimientos nocivos para el humano por parte del aparato.

Para el diseño de este dispositivo se debe cuidar la posibilidad de que este cause lesiones debido a una incompatibilidad de movimientos con el brazo del individuo.

Esto es importante debido a que cuando una articulación es desplazada mas allá de su rango de funcionamiento regular, las fibras de algún ligamento pueden ser estiradas, rasgadas, o arrancadas del hueso. A esto se le conoce como un esguince, a menudo se produce por un solo traumatismo pero también se puede producir por medio de acciones repetitivas. Las lesiones de los ligamentos pueden tomar semanas o incluso meses para sanar, ya que el suministro de sangre a estos es pobre. Un esguince puede tener como consecuencia una inestabilidad duradera la articulación, lo que incrementa el riesgo de lesiones posteriores.

Debido a esto es importante cuidar que las partes del dispositivo que se encuentran adyacentes a una articulación, o simulen a esta, imiten su movimiento de una manera casi idéntica. En principio no se debe percibir ningún movimiento extraño por parte del dispositivo y este no debe forzar a una posición anti-natural del brazo o la mano.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III. FACTORES FUNCIONALES

### **3.1 CARGAS EXTERNAS QUE ACTUAN SOBRE EL CUERPO HUMANO**

Existen fuerzas físicas que se oponen a la fuerza de los músculos, huesos y articulaciones, las cuales se pueden deber a la fuerza de la gravedad, a la resistencia de algún fluido como cuando uno trata de caminar en una alberca, a la elasticidad de los materiales como cuando uno estira una liga, a la fricción como cuando uno avanza contra el viento, a estructuras fijas o a la resistencia manual generada por otra persona.

La gravedad es la carga que comúnmente soporta el cuerpo humano y proporciona una línea de fuerza en dirección constante. Para determinar el efecto de la gravedad sobre alguna parte del cuerpo es importante conocer el peso y la posición del segmento corporal que se esté estudiando.

#### **3.1.1 Artefactos creados por el ser humano para neutralizar las cargas externas.**

##### 3.1.1.1 Los sistemas de poleas:

Existe la polea fija, esta se usa para cambiar la línea de acción de la fuerza sin cambiar su magnitud. La ventaja de este tipo de polea es que, aunque no se gana fuerza, el operario se puede colocar en una posición más favorable para ejercer dicha fuerza.

También existen los sistemas móviles de poleas que consisten básicamente en una cuerda que tiene uno de sus extremos fijo y dos poleas, una fija y una móvil que transporta una carga. Estos sistemas tienen la utilidad de reducir la fuerza a ejercer para mover una carga dado que esta es soportada, en parte, por un elemento fijo. Sin embargo, para mover una carga cualquiera es necesario aplicar un desplazamiento, por lo menos doble, de la cuerda que se utilice.

##### 3.1.1.2 Los líquidos:

Si se sumerge el cuerpo humano o un segmento corporal del mismo en un líquido, la fuerza de gravedad puede ser reducida o neutralizada. La disminución o neutralización de la fuerza de gravedad se debe a la fuerza de flotación que se oponen a la anterior. Los líquidos también ofrecen resistencia y se oponen directamente contra el segmento corporal cuando éste se desplaza a través de ellos.

##### 3.1.1.3 Materiales elásticos:

Estos pueden servir para neutralizar cualquier fuerza y para almacenar dentro de ellos la fuerza a la que se oponen.

### 3.1.1.4 Palancas:

Con estas se puede disminuir la fuerza necesaria para mover una carga (perdiendo cantidad de desplazamiento y velocidad de ésta), o aumentar el desplazamiento y la velocidad de la misma (perdiendo capacidad para generar fuerza), todo depende de la distancia que exista entre el punto de apoyo de la palanca o eje y los puntos de aplicación de las fuerzas que actúen sobre ella.

Las palancas se componen de los siguientes elementos:

1. Una barra o cuerpo rígido.
2. Un eje o punto de apoyo.
3. Fuerzas que tienden a hacer girar el cuerpo rígido.
4. Una fuerza grande en una dirección y dos fuerzas menores a la anterior en dirección opuesta.

Las palancas se pueden usar ya sea para ganar fuerza o para ganar distancia y velocidad. La mayoría de las palancas del cuerpo humano generan una ganancia de distancia y velocidad; por lo tanto las fuerzas musculares deben ser mucho mayores que el peso a mover.

#### Tipos de palancas:

*Existen tres géneros:*

- Las de primer género se caracterizan por: (Fig3.1)

1. La fuerza y el peso están en lados opuestos del eje.
2. Pueden ser usadas para ganar fuerza, o velocidad y distancia.

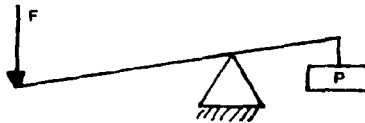


Fig3.1 (Palanca de primer género)

- Las de segundo género se caracterizan por: (Fig3.2)

1. La Fuerza y el peso están del mismo lado del eje.
2. El peso está más cercano al eje que la fuerza.
3. Se usan para ganar fuerza.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

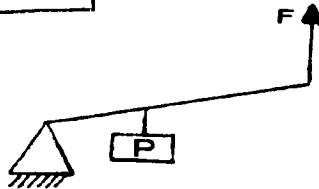


Fig3.2 (palanca de segundo género)

- Las de tercer género se caracterizan por: (Fig3.3)
  1. La fuerza y el peso están del mismo lado del eje.
  2. La fuerza está más cercana al eje que el peso.
  3. Se usa para ganar distancia y velocidad.

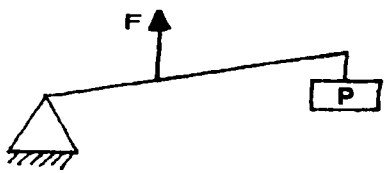


Fig3.3 (palanca de tercer género)

La mayor parte de las palancas del cuerpo humano son de esta última clase.

*Ventaja mecánica:*

Esta se obtiene de cualquier máquina que para mover algún objeto o elemento físico, genera una fuerza mayor que la fuerza aplicada por el "agente activador"; por ejemplo, un humano, un animal o algún objeto. La ventaja mecánica es definida como el cociente de la relación:

Fuerza ejercida/ Fuerza aplicada

En las palancas la relación es:

$$VM = F_1 / P_1$$

- $l_1$  = distancia del punto de apoyo a la fuerza.
- $l_2$  = distancia del punto de apoyo al el peso.
- F = fuerza.
- P = peso.

**3.1.1.5 Plano inclinado:**

Dependiendo de la inclinación del plano se va a requerir más o menos fuerza para mover una carga (mientras más inclinado más fuerza se requiere). En este caso el peso del objeto se reparte entre el piso y la persona que lo empuja.

**3.1.1.6 Repulsión magnética:**

La repulsión que existe entre los polos de mismo signo (positivo o negativo), en dos imanes o electroimanes, puede servir para neutralizar o disminuir fuerzas opuestas a ésta.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL APARATO A DISEÑAR

El aparato que se diseña debe servir para ejercer un trabajo mecánico que al brazo humano le costaría comúnmente realizar, a causa de la magnitud del peso y del esfuerzo realizado para levantarlo, o por la fatiga muscular que este pueda generar.

Lo anterior se lleva a cabo por medio del almacenamiento de energía utilizando sistemas mecánicos.

El movimiento del brazo servirá para almacenar energía en el sistema que posteriormente será aplicada al aparato encargado de ejercer el trabajo mecánico deseado.

El aparato es útil para personas que carecen de fuerza en el brazo debido a alguna enfermedad o falta de ejercicio, así como para desarrollar actividades que necesiten de trabajo mecánico del brazo mayor del común en labores recreativas o en el lugar de trabajo.

### 3.3 SISTEMAS MECÁNICOS PROPUESTOS

A continuación se muestran 3 mecanismos que podrían servir para reducir el gasto energético muscular en la articulación del codo.

Estos mecanismos utilizan resortes para almacenar la fuerza ejercida por los músculos del brazo. Al liberar los resortes, estos ejercen la fuerza almacenada sobre una estructura que está sobre el brazo y el antebrazo.

Las tablas que se mostrarán a continuación reflejan los resultados más apegados a los criterios de selección para los diversos mecanismos planteados.

#### METODOLOGÍA:

Como ya se mencionó se proponen 3 mecanismos para los cuales se muestra en cada caso la metodología seguida.

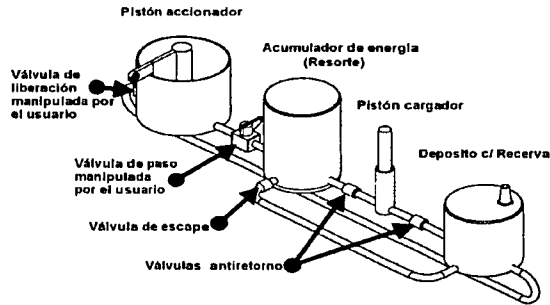
#### 3.3.1 Mecanismo 1:

Primero se realiza el esquema de un posible mecanismo hidráulico que funciona con pistones. Estos pistones sirven para comprimir un resorte mediante la fuerza de los músculos del brazo; el resorte permanece comprimido hasta que el usuario del mecanismo decide liberarlo y así, el resorte ejerce la fuerza antes almacenada, sobre una estructura articulada en el codo de la persona. A continuación se muestran los esquemas donde se ve con más detalle el funcionamiento de este mecanismo.

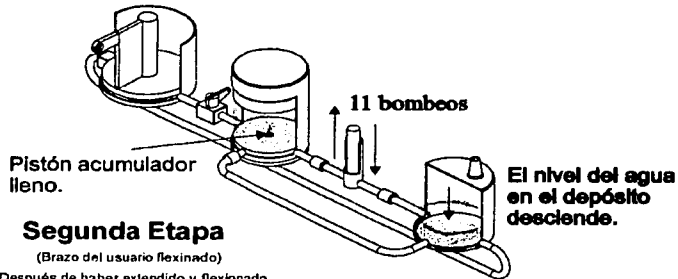
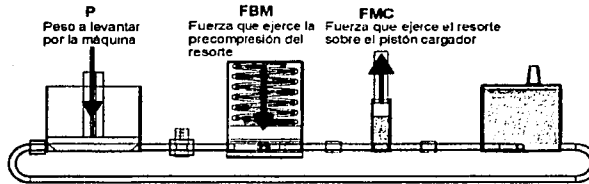
## Esquemas del mecanismo uno

### Primera Etapa

(Brazo del usuario extendido)



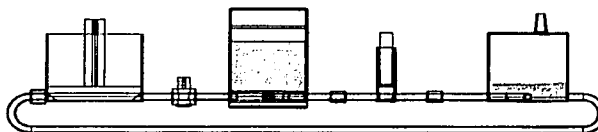
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



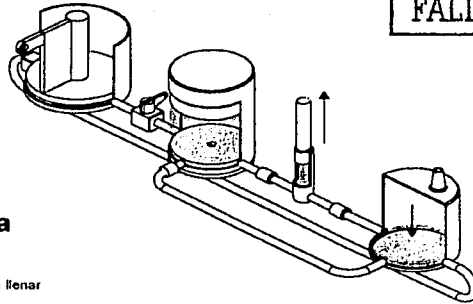
### Segunda Etapa

(Brazo del usuario flexionado)

Después de haber extendido y flexionado el brazo varias veces, el pistón acumulador se encuentra lleno.



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

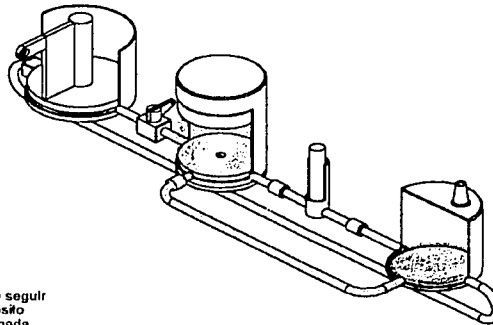
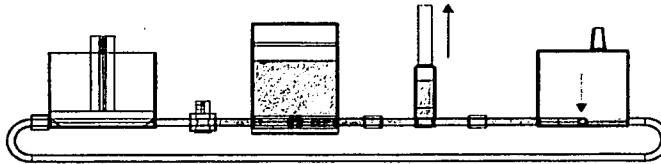


## Tercera Etapa

(El brazo se extiende)

El pistón cargador se vuelve a llenar de fluido.

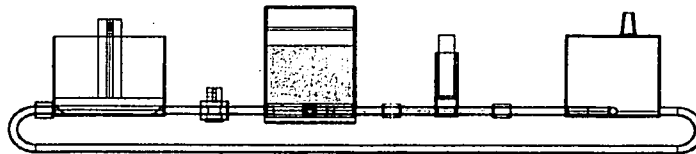
El nivel del agua en el depósito desciende a lo mínimo posible



## Cuarta Etapa

(El brazo está flexionado)

Como el pistón acumulador no puede seguir llenándose, el fluido regresa al depósito gracias a una válvula que a determinada presión deja pasar a este.





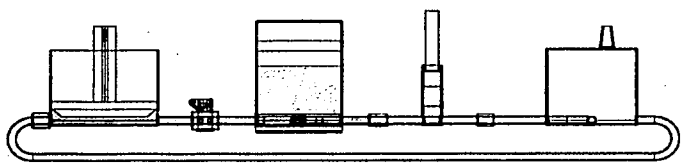
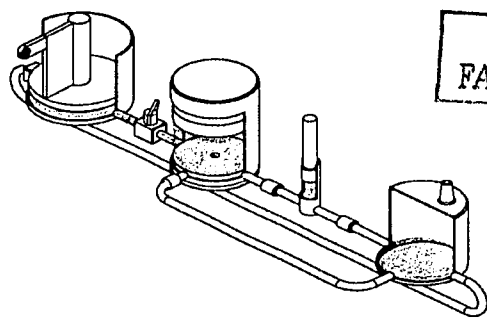
UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Quinta Etapa

(El brazo está extendido)

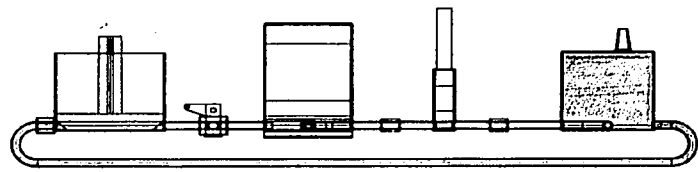
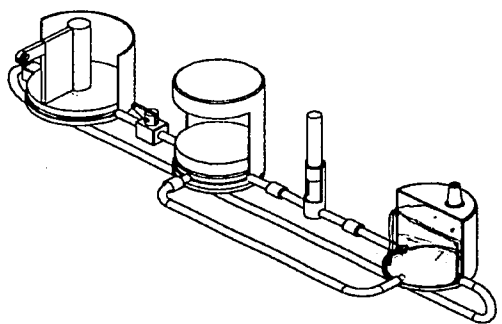
La válvula manipulada por el usuario es abierta y el pistón accionador comienza a trabajar.



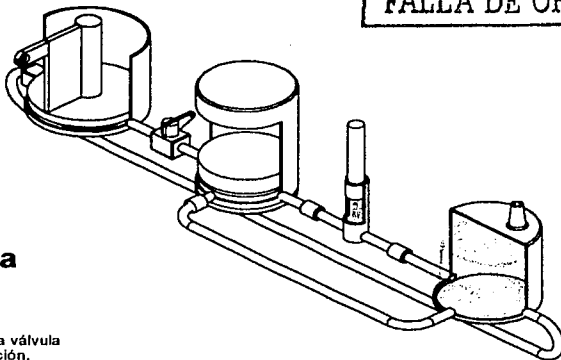
### Sexta etapa

(El brazo comienza a extenderse)

La válvula de liberación se abre y el aparato deja de ejercer fuerza



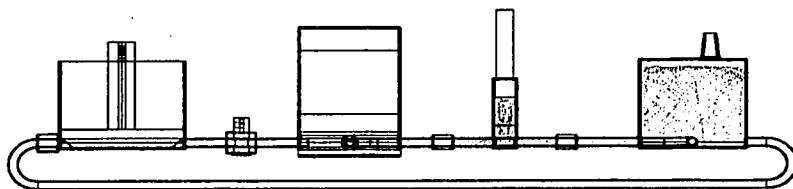
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Séptima Etapa**

(El brazo está extendido)

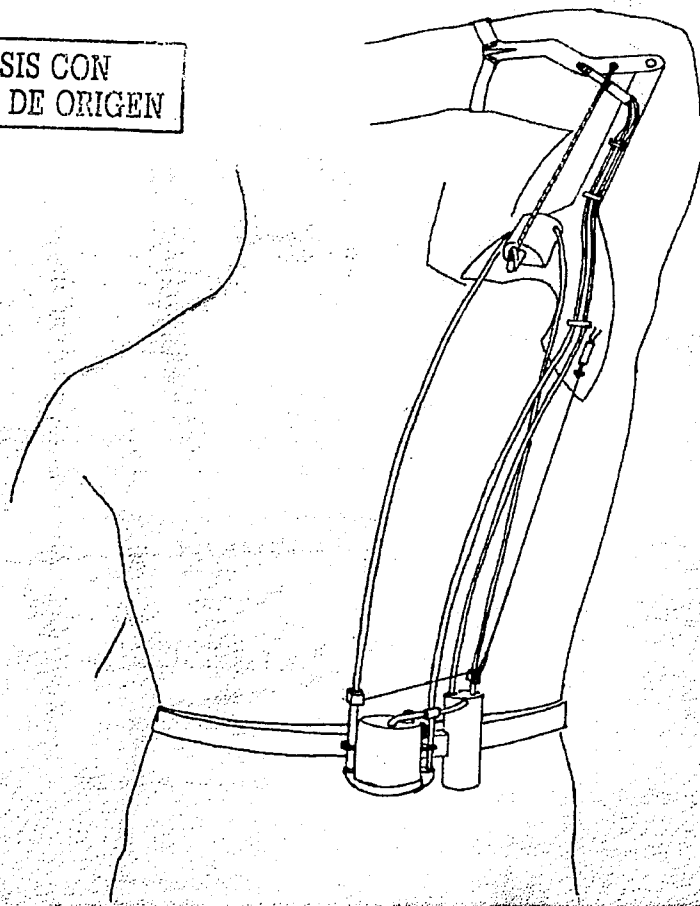
La válvula de liberación así como la válvula de paso, vuelven a la primera posición.



Una propuesta de diseño para el dispositivo  
que utiliza al

**mecanismo 1**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Posteriormente, se realizan los modelos físico-matemáticos para los cálculos estáticos, necesarios para conocer las fuerzas ejercidas por las partes del mecanismo sobre el brazo de la persona, así como para tener una idea de la disposición necesaria de estas partes y conocer el número de flexiones, del brazo, que se necesitarían para comprimir el resorte del mecanismo.

Para este fin se tomó como modelo a una persona con dimensiones corporales equivalentes a las de un individuo de una altura de 170 cm. También se consideró el peso máximo apropiado que puede levantar una persona adulta (11.5 kg en cada mano, pero los cálculos se elaboraron para 15Kg tratando de considerar posibles pérdidas energéticas del aparato) y que la fuerza que ejerce este peso se aplica en la mano del individuo.

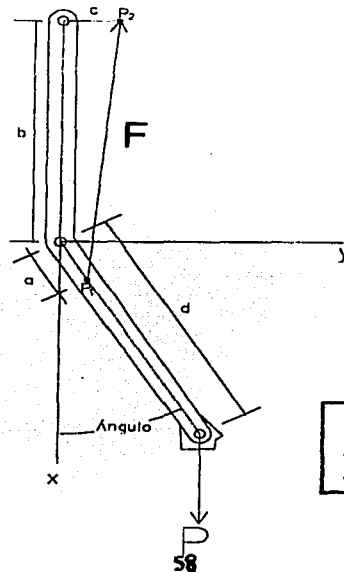
A continuación se muestran los modelos físico-matemáticos y la manera en que se procedió a realizarlos.

Se consideraron las fuerzas en un solo plano y los elementos del mecanismo como indeformables.

Por otro lado, las áreas de los pistones que se encargan de acumular (Ps2) y transmitir la energía (Ps3 pistón accionador) son iguales, siendo el área del pistón cargador (Ps1) inferior a las dos últimas.

- Primero se realizaron las ecuaciones de equilibrio para el esquema general que se muestra a continuación (ver "esquema general para los cálculos estáticos de los mecanismos uno, dos y tres"), considerando a  $F$  como la fuerza necesaria para mantener en equilibrio al sistema.

Esquema general para los cálculos estáticos de los mecanismos uno, dos y tres



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ecuaciones de equilibrio:

$$(1) \quad \sum F_x = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = 0$$

$$(3) \quad \sum M_A = 0$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

(1):

$$Px + F(-Fx) + Ax = 0$$

(2):

$$F(Fy) + Ay = 0$$

(3):

$$-P \cdot d \sin \theta + F(-Fx) \cdot a \sin \theta + F(Fy) \cdot a \cos \theta = 0$$

$F_x$  y  $F_y$  son las dimensiones unitarias de la descomposición de la fuerza  $F$  en el eje  $x$  y en el eje  $y$ .

Coordenadas de inserción del cable transmisor de la fuerza:

$$P_2(-h, c) \quad P_1(a \cos \theta, a \sin \theta)$$

$$\overline{P_1 P_2} = (-h - a \cos \theta)i + (c - a \sin \theta)j$$

$$\frac{\overline{P_1 P_2}}{|\overline{P_1 P_2}|} = \frac{(-h - a \cos \theta)i + (c - a \sin \theta)j}{\sqrt{(-h - a \cos \theta)^2 + (c - a \sin \theta)^2}}$$

$$i_x = \frac{-h - a \cos \theta}{\sqrt{(-h - a \cos \theta)^2 + (c - a \sin \theta)^2}}$$

$$i_y = \frac{c - a \sin \theta}{\sqrt{(-h - a \cos \theta)^2 + (c - a \sin \theta)^2}}$$

Por (3)

$$F(-Fx \cdot a \sin \theta + Fy \cdot a \cos \theta) - P \cdot d \sin \theta = 0$$

$$j = \frac{P \cdot d \sin \theta}{-i_x \cdot a \sin \theta + i_y \cdot a \cos \theta}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Después, a partir de una hoja de cálculo, se obtienen valores de  $F$  en función del ángulo en que se encuentra el brazo del individuo (de  $10^\circ$  a  $150^\circ$ ) así como la distancia o carrera recorrida por Ps2, fijando previamente las distancias  $a, b, c, d$  y el peso  $P$  en 15 Kg (ver tabla 3.4).

Ángulo	a	b	c	Peso(P)	Fuerza, F en kg	Carrera(cm) Ps2 y Ps3
0.1	8	31.6	0	15	74.2	14.61
10	8	31.6	0	15	74.07	14.51
20	8	31.6	0	15	73.52	14.22
30	8	31.6	0	15	72.63	13.74
40	8	31.6	0	15	71.39	13.08
50	8	31.6	0	15	69.84	12.26
60	8	31.6	0	15	68.00	11.27
70	8	31.6	0	15	65.91	10.16
80	8	31.6	0	15	63.59	8.92
90	8	31.6	0	15	61.12	7.60
100	8	31.6	0	15	58.54	6.23
110	8	31.6	0	15	55.83	4.83
120	8	31.6	0	15	52.96	3.46
130	8	31.6	0	15	50.92	2.16
140	8	31.6	0	15	48.72	0.99
150	8	31.6	0	15	46.86 (FBM)	0.0

Tabla 3.4

- A continuación se considera que el resorte del mecanismo debe estar precomprimido para que éste en todo momento ejerza fuerza, así que se utiliza la ecuación lineal de los resortes para determinar la distancia que éste debe ser precomprimido ( $X_p$ ); dividiendo el valor de  $F$  en  $150^\circ$  (FBM) sobre la constante  $k$  del resorte.

(4):

$$X_p = \frac{F_{FBM}}{k}$$

- También se obtiene la fuerza que ejerce el pistón cargador (Ps1) mediante el resorte sobre el brazo del individuo (FMC), de una ecuación que deriva de la ecuación lineal de los resortes y del principio de Pascal.

La presión en el pistón Ps1 es igual a la presión en el pistón Ps2 (el pistón que contiene el resorte):

- Pr= presión
- F= fuerza
- A= área

(5):

$$Pr = \frac{F}{A}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

Por el principio de Pascal  $P_2 = P_1$ :

(6):

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

La fuerza que ejerce el pistón  $P_2$  está dada por la relación siguiente:

(7):

$$F_2 = k(X_p + CR)$$

Donde:  $k$ = constante del resorte

$X_p$ = distancia precomprimida del resorte

$CR$ = carrera del resorte (distancia que se comprime además de la distancia precomprimida).

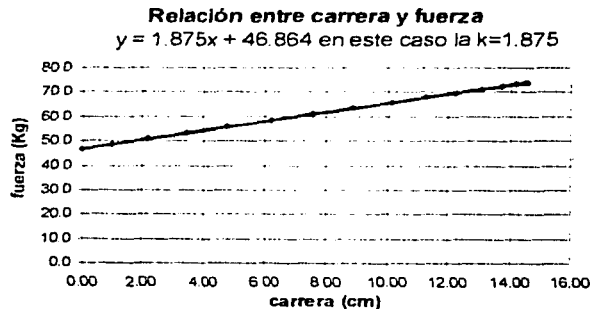
De (7) y de (6):

$$\frac{k(X_p + CR) \cdot A_1}{A_2} = F_1 \Leftrightarrow \frac{k(X_p + CR) \cdot \pi r_1^2}{\pi r_2^2} = F_1 \Leftrightarrow F_1 = k(X_p + CR) \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = FMC$$

Se puede sacar una constante entre los radios de los pistones para obtener una relación entre estos:

$$\frac{r_1}{r_2} = C_r$$

- Por otro lado se calcula la  $k$  del resorte mediante la relación entre el desplazamiento o carrera del pistón de transmisión ( $P_3$ ) y la fuerza  $F$ , utilizando la gráfica siguiente (Ver gráfica 3.5).

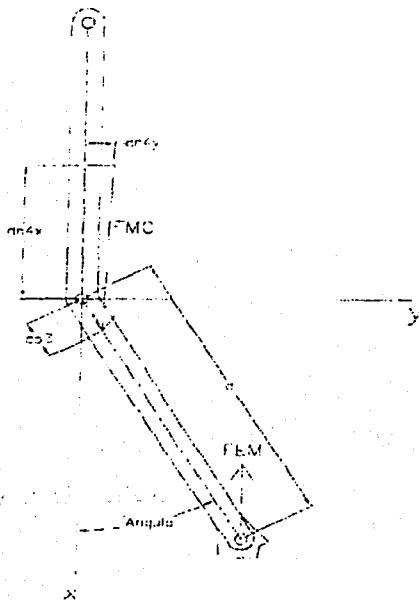


Gráfica 3.5

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Posteriormente se obtiene la fuerza que equivaldría a hacer en la mano (FEM) para vencer al pistón cargador ( $Ps1$ ), repitiendo las ecuaciones de equilibrio del primer paso pero usando las coordenadas de inserción del pistón cargador, substituyendo a  $a$  por  $dp3$ ,  $b$  por  $dp4x$  y  $c$  por  $dp4y$  (ver esquema 3.6), así como despejando el peso en la mano que pasó a ser una incógnita (ver resultados en la tabla 3.7).

Esquema (3.6) utilizado para encontrar la fuerza FEM      Tabla (3.7) de resultados para la fuerza FEM y para la carrera del Pistón ( $Ps1$ )



Angulo	dp3	dp4x	dp4y	d	FMC	FEM	Piston Carrera
0	4	15	0	31.6	0.67	0.67	7.31
10	4	15	0	31.6	0.67	0.67	7.26
20	4	15	0	31.6	0.67	0.67	7.11
30	4	15	0	31.6	0.67	0.67	6.87
40	4	15	0	31.6	0.67	0.67	6.54
50	4	15	0	31.6	0.67	0.67	6.13
60	4	15	0	31.6	0.67	0.67	5.64
70	4	15	0	31.6	0.67	0.67	5.08
80	4	15	0	31.6	0.67	0.67	4.46
90	4	15	0	31.6	0.67	0.67	3.80
100	4	15	0	31.6	0.67	0.67	3.11
110	4	15	0	31.6	0.67	0.67	2.41
120	4	15	0	31.6	0.67	0.67	1.73
130	4	15	0	31.6	0.67	0.67	1.08
140	4	15	0	31.6	0.67	0.67	0.49
150	4	15	0	31.6	0.67	0.67	0.0

- Más adelante se calcula la carrera del pistón  $Ps1$  en cada grado del movimiento del brazo (ver tabla 3.7).

La carrera del pistón  $Ps1$  se calculó restando a la norma de los puntos  $P1$  y  $P2$  en  $150^\circ$  (en el esquema utilizado para encontrar la fuerza FEM), la norma de estos mismos puntos en los grados inferiores a  $150^\circ$  hasta llegar a  $0^\circ$ .



- Por ultimo se obtiene el número de flexiones o "bombeos" necesarios para comprimir la totalidad del resorte en el pistón de carga (ver tabla comparativa de los mecanismos) mediante una ecuación que relaciona las carreras de los pistones (Ps2 y Ps1) con sus radios.

$NB = \text{número de bombeos}$

$$NB = \frac{C_2 r_2^2}{C_1 r_1^2}$$

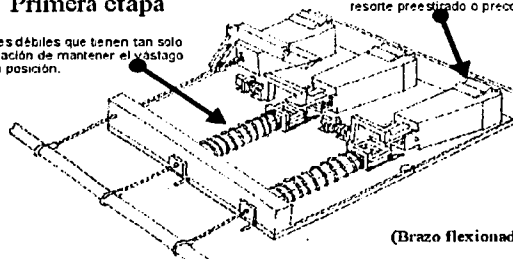
### 3.3.2 Mecanismo 2:

Primero se realiza un esquema de un posible mecanismo que funciona a base de varios resortes que se comprimen o extienden, para almacenar en ellos la fuerza ejercida por los músculos extensores del brazo al momento de extenderlo. Estos se comprimen o extienden uno a uno conforme se realizan extensiones del brazo, tratando de simular así a las fibras musculares. La fuerza que ejercen estos resortes al momento de ser liberados sería aplicada a una estructura articulada en el codo de la persona. (ver esquema del mecanismo 2).

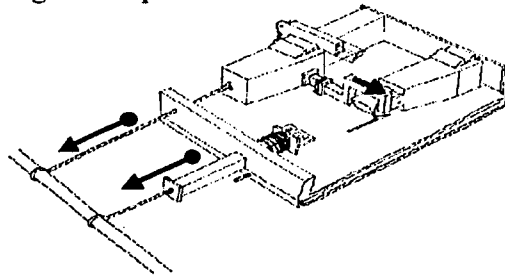
#### Esquemas del mecanismo dos

##### Primera etapa

Resortes débiles que tienen tan solo la obligación de mantener el vástago en esta posición.

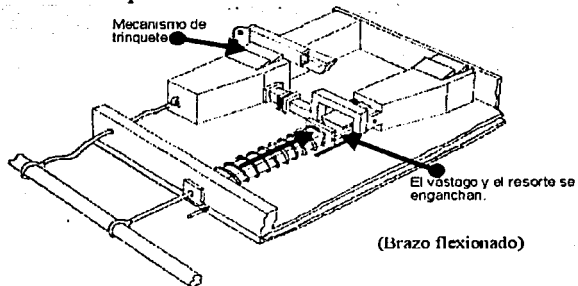


##### Segunda etapa

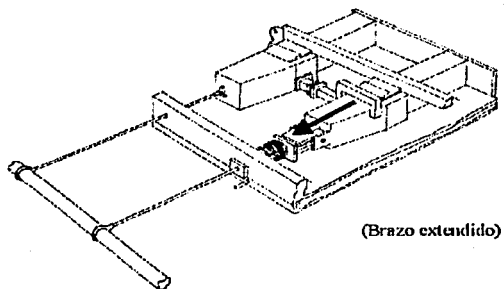


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Tercera etapa



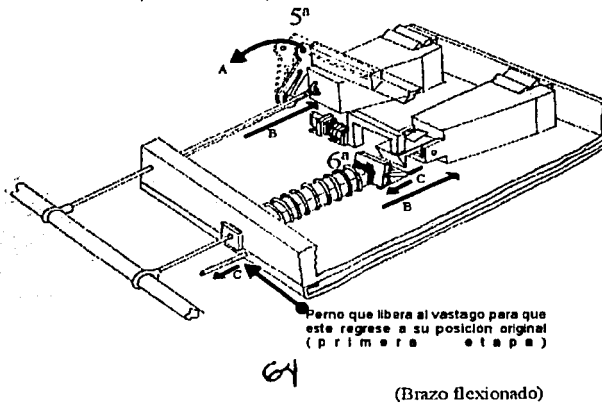
### Cuarta etapa



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

### Etapas quinta y sexta

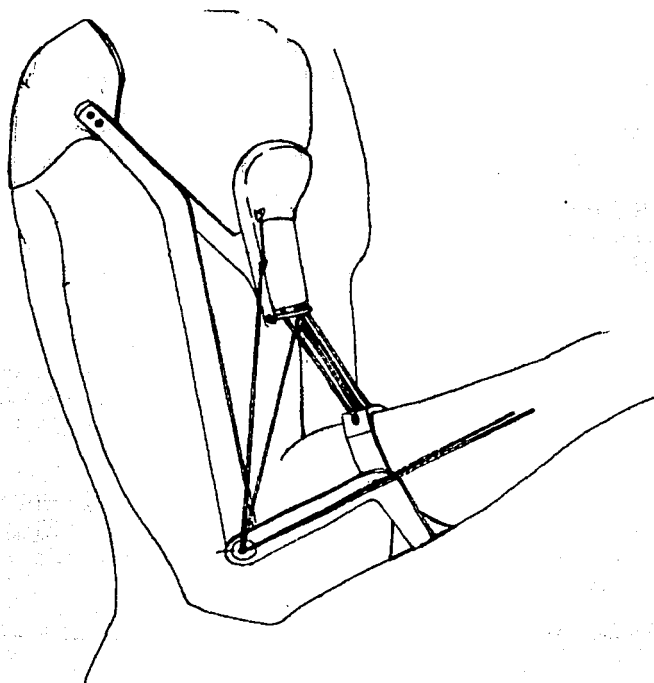
Al abrirse el sistema de trinquete, la totalidad los resortes que se fueron tensando conforme se flexionaba y extendía el brazo son liberados, ejerciendo de esta manera la fuerza necesaria para levantar el peso desado.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una propuesta de diseño para el dispositivo  
que utiliza al

**mecanismo 2**



2/24/2000

Posteriormente se realizan los modelos físico-matemáticos para los cálculos estáticos, necesarios para conocer las fuerzas ejercidas por las partes del mecanismo sobre el brazo de la persona, así como para tener una idea de la disposición necesaria de estas partes y conocer el número de flexiones del brazo, necesarias para comprimir todos los resortes del mecanismo.

Para este fin se toma como modelo a una persona con dimensiones corporales equivalentes a las de un individuo de una altura de 170cm. También se considera el peso máximo apropiado que puede levantar una persona adulta (11.5 kg en cada mano, pero los cálculos se elaboraron para 15Kg tratando de considerar posibles pérdidas energéticas del aparato) y que la fuerza que ejerce este peso se aplica en la mano del individuo.

A continuación se muestran los modelos físico-matemáticos y la manera en que se procedió a realizarlos.

Se consideraron las fuerzas en un solo plano y los elementos del mecanismo como indeformables.

Por otro lado, las dimensiones de todos los resortes que almacenan la fuerza del brazo al extenderse, son iguales.

- Primero se realizan las ecuaciones del equilibrio para el esquema mostrado con anterioridad en el mecanismo "1" (esquema general para los cálculos estáticos de los mecanismos uno, dos y tres), considerando a  $F$  como la fuerza necesaria para mantener en equilibrio al sistema.
- Después a partir de una hoja de cálculo, se obtienen valores de  $F$  en función del ángulo en que se encuentra el brazo del individuo (de  $10^\circ$  a  $150^\circ$ ), fijando previamente las distancias  $a, b, c, d$  y el peso  $P$  en 15Kg. (ver tabla 3.8)

Tabla (3.8) donde se muestran los valores de  $F$ , en función de las variables  $a, b, c, d$  así como la carrera a recorrer por los resortes

Angulo	a	b	c	d	Fuerza(F)	por resorte carrera
3	12	31.6	0	31.6	54.485	21.54797
10	12	31.6	0	31.6	54.335	21.42756
20	12	31.6	0	31.6	53.840	21.03219
30	12	31.6	0	31.6	53.023	20.37868
40	12	31.6	0	31.6	51.894	19.47529
50	12	31.6	0	31.6	50.467	18.33377
60	12	31.6	0	31.6	48.762	16.96963
70	12	31.6	0	31.6	46.803	15.40249
80	12	31.6	0	31.6	44.621	13.6566
90	12	31.6	0	31.6	42.252	11.76167
100	12	31.6	0	31.6	39.743	9.753999
110	12	31.6	0	31.6	37.148	7.678101
120	12	31.6	0	31.6	34.536	5.588663
130	12	31.6	0	31.6	31.993	3.554226
140	12	31.6	0	31.6	29.622	1.657823
150	12	31.6	0	31.6	27.550	0

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- A continuación se considera que los resortes del mecanismo deben estar precomprimidos (o pretensados) para que estos ejercieran fuerza en todo momento. Para esto se utiliza la ecuación lineal de los resortes, considerando que la totalidad de los resortes trabajaban como un solo "resorte grande" y se determina la distancia que este "resorte grande" debe ser precomprimido; dividiendo el valor de  $F$  en  $150^\circ$  sobre la constante  $k$  del resorte. Para obtener la fuerza que ejerce cada resorte se divide el valor de  $F$  en  $150^\circ$  sobre el número de resortes y de igual manera se divide la  $k$  del "resorte grande".

$X_p$  = distancia precomprimida de todos los resortes (o del resorte "grande")

$FBM$  = fuerza cuando el brazo está flexionado en  $150^\circ$

$k$  = constante del resorte "grande"

$$X_p = \frac{FBM}{k}$$

$FBM_{pr}$  = fuerza en cada resorte cuando el brazo está flexionado en  $150^\circ$

$N_r$  = número de resortes

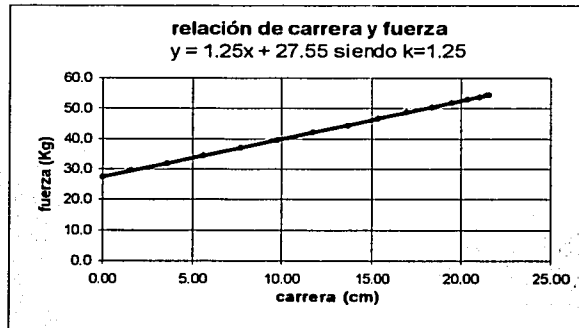
$$FBM_{pr} = \frac{FBM}{N_r}$$

$k_r$  = es la constante  $k$  de cada uno de los resortes

$$k_r = \frac{k}{N_r}$$

- La  $k$  del "resorte grande" se obtiene mediante la relación de la distancia lineal recorrida (carrera) desde el punto en que se aplica la fuerza  $F$  en  $0^\circ$  (del movimiento del brazo del individuo) y el punto en que se aplica la fuerza  $F$  en  $150^\circ$ , con las fuerzas de  $F$  obtenidas en diferentes grados del movimiento del brazo, por medio de una gráfica. (ver gráfica 3.9)

Gráfica 3.9



- Con base en los datos obtenidos para cada resorte, se puede elaborar la ecuación para calcular la fuerza máxima que ejerce cada resorte y que consiste en multiplicar la  $Kr$  ( $K$  de cada resorte) por la suma de la distancia lineal antes calculada y la distancia precomprimida del resorte.

$FMpr$ = fuerza máxima por resorte

$$FMpr = kr(CR + Xp)$$

- Por último se encontró la fuerza que equivaldría a hacer en la mano (FEM) para vencer a cada uno de los resortes, repitiendo la ecuación de equilibrio del primer paso pero substituyendo  $F$  por la fuerza máxima que ejerce un solo resorte y despejando al peso en la mano ( $P$ ) que pasó a ser una incógnita (FEM). (Ver esquema 3.10 y tabla 3.11)

Esquema (3.10) donde se observa la fuerza FEM necesaria para contrarrestar la fuerza de  $c/u$  de los resortes (FMpr)

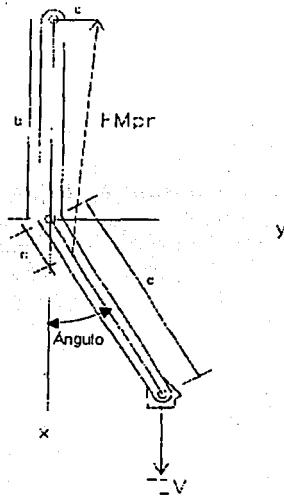


Tabla 3.11

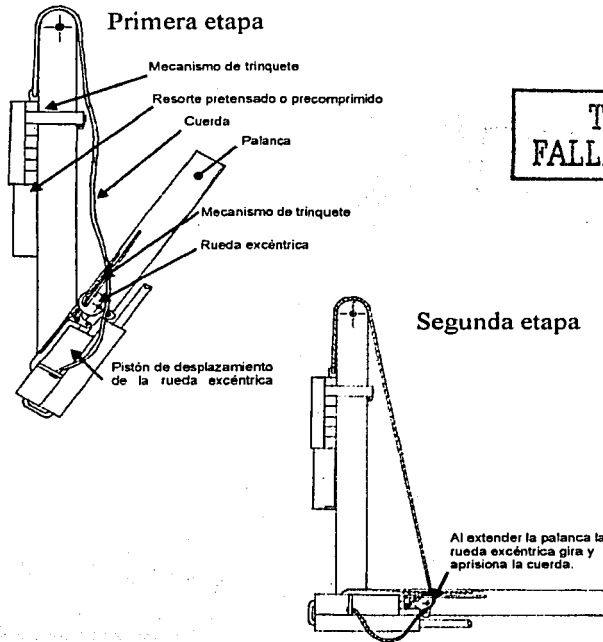
FMpr	FEM	Angulo
3.891793	1.07	3
3.881042	1.07	10
3.845741	1.07	20
3.787392	1.07	30
3.706732	1.07	40
3.604811	1.07	50
3.483013	1.07	60
3.343089	1.07	70
3.187206	1.07	80
3.018016	1.07	90
2.83876	1.07	100
2.653411	1.07	110
2.466872	1.07	120
2.285208	1.07	130
2.115887	1.07	140
1.967867	1.07	150

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

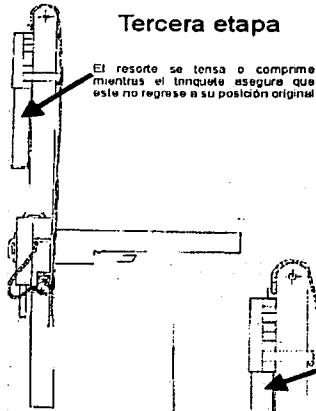
### 3.3.3 Mecanismo 3

Primero se realiza un esquema de un posible mecanismo que funciona por medio del almacenamiento de energía en un resorte a través de la fuerza de los músculos extensores del brazo. El resorte es primero comprimido o extendido por medio de un brazo de palanca cercano al eje del codo de la persona de manera que el músculo tríceps tuviera que hacer menos fuerza para realizar esta tarea. Posteriormente antes de liberar la energía del resorte, se cambia la distancia del punto de aplicación de la fuerza del resorte, a uno más lejano al eje del codo de manera que el brazo de palanca obtenido tiene que hacer menos fuerza para vencer el peso a cargar que el anterior. (ver esquemas del mecanismo "3")

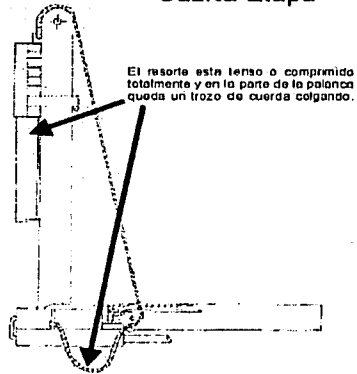
Esquemas del mecanismo3



### Tercera etapa

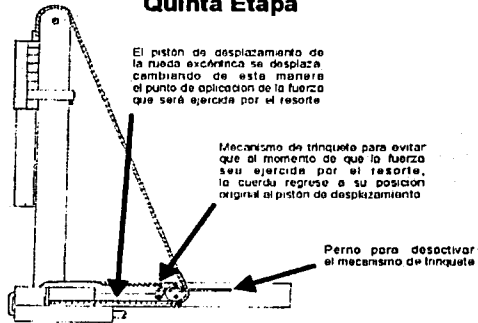


### Cuarta Etapa

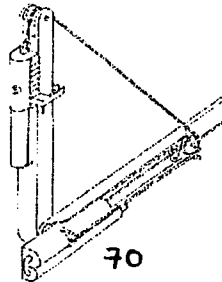


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Quinta Etapa



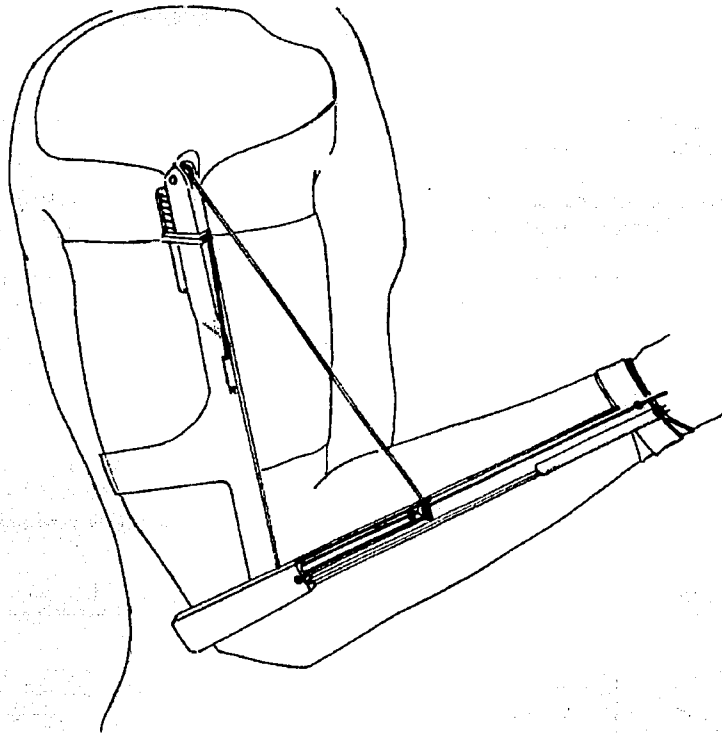
Perspectiva del mecanismo3





Una propuesta de diseño para el dispositivo  
que utiliza al

**mecanismo 3**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE AGENA

Posteriormente se realizan los modelos físico-matemáticos para los cálculos estáticos, necesarios para conocer las fuerzas ejercidas por las partes del mecanismo sobre el brazo de la persona, así como para tener una idea de la disposición necesaria de estas partes y conocer el número de flexiones del brazo, necesarias para comprimir el resorte del mecanismo.

Para este fin se toma como modelo a una persona con dimensiones corporales equivalentes a las de un individuo de una altura de 170 cm. También se considera el peso máximo apropiado que puede levantar una persona adulta (11.5 kg en cada mano, aunque los cálculos se elaboraron para 15Kg tratando de considerar posibles pérdidas energéticas del aparato) y que la fuerza que ejerce este peso se aplica en la mano del individuo.

A continuación se muestran los modelos físico-matemáticos y la manera en que se procedió a realizarlos.

Se consideraron las fuerzas en un solo plano y los elementos del mecanismo como indeformables.

- Primero se establecen las ecuaciones del equilibrio para el esquema mostrado con anterioridad en el mecanismo "1" (esquema general para los cálculos estáticos de los mecanismos uno, dos y tres), considerando a  $F$  como la fuerza necesaria para mantener el en equilibrio al sistema, así como considerando a "a" como la distancia más lejana al eje del codo.
- Después, a partir de una hoja de cálculo, se obtienen valores de  $F$  en función del ángulo en que se encuentra el brazo del individuo (de  $10^\circ$  a  $150^\circ$ ), fijando previamente las distancias  $a, b, c, d$  y el peso  $P$  en 15 Kg. (ver tabla 3.12)

Tabla (3.12) donde se muestran los valores de  $F$ , en función de las variables  $a, b, c, d$  así como la carrera a recorrer por el resorte en el punto de aplicación más lejano al eje del codo (puntaplmax)

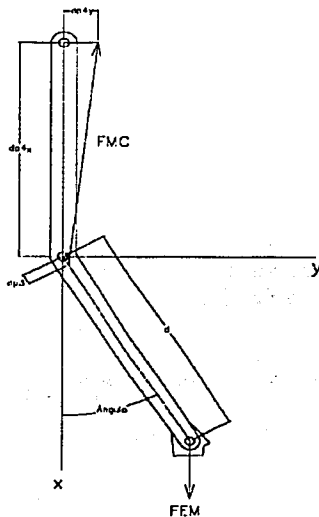
Ángulo	a	b	c	d	carrera	
					Fuerza(F)	puntaplmax
1	12	31.6	0	31.6	54.50	21.56
10	12	31.6	0	31.6	54.33	21.43
20	12	31.6	0	31.6	53.84	21.03
30	12	31.6	0	31.6	53.02	20.38
40	12	31.6	0	31.6	51.89	19.48
50	12	31.6	0	31.6	50.47	18.33
60	12	31.6	0	31.6	48.76	16.97
70	12	31.6	0	31.6	46.80	15.40
80	12	31.6	0	31.6	44.62	13.66
90	12	31.6	0	31.6	42.25	11.76
100	12	31.6	0	31.6	39.74	9.75
110	12	31.6	0	31.6	37.15	7.68
120	12	31.6	0	31.6	34.54	5.59
130	12	31.6	0	31.6	31.99	3.55
140	12	31.6	0	31.6	29.62	1.66
150	12	31.6	0	31.6	27.55	0.00

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- A continuación se considera que el resorte del mecanismo debe estar precomprimido (o pretensado) para que este ejerza fuerza en todo momento; así que se utiliza la ecuación lineal de los resortes para determinar la distancia que éste debe ser precomprimido (o pretensado); dividiendo el valor de  $F$  en  $150^\circ$  sobre la constante  $k$  del resorte, que es la misma que la del mecanismo dos. (ver los modelos físico-matemáticos de los mecanismos uno y dos).
- Por otro lado se calcula la fuerza máxima aplicada por el resorte sobre el brazo.
 
$$FMC = k(CR + Xp)$$
- Posteriormente se obtienen las carreras para el resorte para las dos posiciones del punto de aplicación de la fuerza (cercano al eje del codo y alejado del mismo). Con estas carreras se obtiene el número de flexiones que debe ejercer el brazo, dividiendo la carrera del resorte en el punto de aplicación alejado sobre la carrera en el punto de aplicación cercano.
- Por último se encuentra la fuerza que equivaldría a hacer en la mano para vencer al resorte cuando el punto de aplicación de la fuerza del mismo se encuentra cerca del eje del codo. Esto se hace repitiendo la ecuación de equilibrio del primer paso pero substituyendo  $F$  por la fuerza máxima que ejerce el resorte y despejando al peso en la mano ( $P=FEM$ ) que pasó a ser una incógnita. (Ver el esquema 3.13 y la tabla 3.14 que a continuación se muestra).

Esquema (3.13) y tabla (3.14) donde se observa la fuerza FEM necesaria para contrarrestar la fuerza del resorte (FMC)



Angulo	dp3	b=dp4x	c=dp4y	d	FEM
1	0.83	31.6	0	31.6	1.395
10	0.83	31.6	0	31.6	1.391
20	0.83	31.6	0	31.6	1.380
30	0.83	31.6	0	31.6	1.362
40	0.83	31.6	0	31.6	1.336
50	0.83	31.6	0	31.6	1.303
60	0.83	31.6	0	31.6	1.264
70	0.83	31.6	0	31.6	1.218
80	0.83	31.6	0	31.6	1.166
90	0.83	31.6	0	31.6	1.109
100	0.83	31.6	0	31.6	1.048
110	0.83	31.6	0	31.6	0.984
120	0.83	31.6	0	31.6	0.919
130	0.83	31.6	0	31.6	0.855
140	0.83	31.6	0	31.6	0.794
150	0.83	31.6	0	31.6	0.740

### 3.3.4 CRITERIOS PARA SELECCIONAR EL MECANISMO A ELABORAR

Aunque los tres mecanismos antes mencionados cumplen con el objetivo principal de levantar una carga de 15 kg, existen entre estos diferencias que pueden ser ventajas o desventajas y que hay que comparar para saber cual mecanismo es el más adecuado a desarrollar. Por lo tanto, para llevar a cabo esta comparación de una manera adecuada se elaboró una lista que muestra los criterios de selección a seguir en orden de mayor a menor importancia y que se muestra a continuación.

El mecanismo a acoger debe cumplir, en la medida de lo posible, con los siguientes criterios:

1. Factibilidad:  
Que exista la tecnología para elaborar el mecanismo.
2. Viabilidad:  
Que la tecnología para elaborar el mecanismo sea accesible económicamente.
3. Ventaja mecánica:  
Para almacenar la energía en el resorte del dispositivo, la fuerza a ejercer por el brazo debe ser la menor posible.
4. Eficiencia:  
Para almacenar la energía en el resorte del dispositivo, el número de flexiones y extensiones del brazo deben ser las menores posibles.
5. Descenso controlado:  
Que se pueda descender gradualmente la carga levantada.
6. Margen de carga:  
Que el mecanismo tenga la posibilidad de aplicar estrictamente la fuerza necesaria para levantar cargas inferiores al tope máximo y a lo largo de toda la extensión del movimiento del antebrazo en la articulación del codo.
7. Percepción de la fuerza:  
Que la sensación de la fuerza a ejercer por el brazo para almacenar la energía en el resorte sea siempre la misma.
8. Sencillez:  
Que tenga el menor número de piezas móviles posibles, para reducir el riesgo de fallos.

### 3.3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA MECANISMO

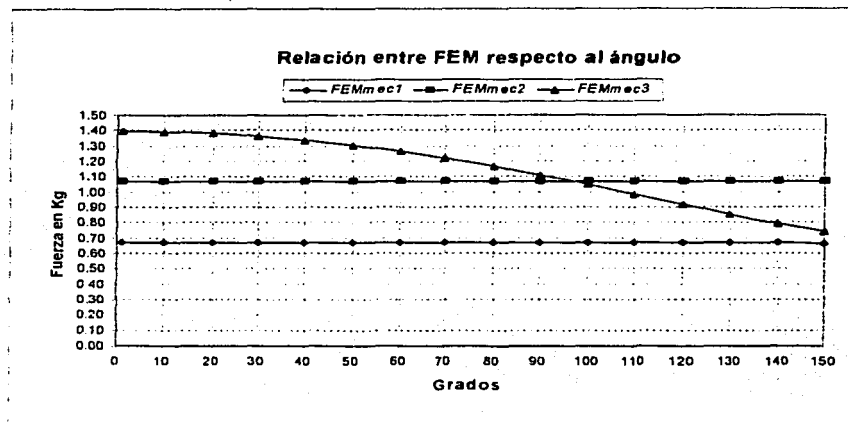
En la Tabla 3.15 se muestran y comparan las posibles ventajas y desventajas que tiene cada uno de los tres mecanismos propuestos anteriormente, tomando en cuenta los criterios establecidos con anterioridad.

**TABLA 3.15. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MECANISMOS PROPUESTOS**

CRITERIOS	MECANISMO 1	MECANISMO 2	MECANISMO 3
<b>Factibilidad:</b> Existe la tecnología para elaborar el mecanismo	Si	Si	Si
<b>Viabilidad:</b> Tecnología necesaria para elaborar un prototipo accesible (torno, fresadora, termoformadora y fundición en arena)	Si	Si	Si
<b>Ventaja mecánica:</b> Trabajo necesario para almacenar la energía en el (o los) resorte(s)	Menor	Medio	Mayor
<b>Eficiencia:</b> Número de flexiones del antebrazo	11	14	14
<b>Descenso controlado:</b> Se puede descender gradualmente el objeto levantado	Si	No	Si
<b>Percepción de la fuerza:</b> La sensación de la fuerza para activar el mecanismo es siempre la misma	Si	Si	No
<b>Margen de carga:</b> Posibilidad de aplicar la fuerza necesaria para levantar cargas inferiores al tope máximo en toda la extensión del movimiento	Nula	Variable ++	Variable ++
<b>Sencillez:</b> Cantidad de piezas móviles	Medio	Mayor	Menor

En la gráfica 3.16 se comparan fuerzas a ejercer por el brazo de la persona en los tres mecanismos.

Gráfica 3.16 Comparación de las FEMs de los mecanismos 1, 2 y 3.



**Conclusión:**

De estas comparaciones se puede deducir que el mecanismo a desarrollar debe ser el 1, dado que es el que mejor cumple con las características de selección buscadas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## IV. FACTORES ESTÉTICOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.1 Características estéticas buscadas

Las características estéticas que se buscan en este diseño son aquellas que no reflejen debilidad o impedimento físico de la persona o que puedan dañar la autoestima del usuario.

Por lo tanto se busca encontrar el valor percibido por el posible usuario para los siguientes conceptos:

- **Futurismo, sinónimo de:** Mañana, porvenir, destino, espera, predicción, posteridad, suerte, azar, eventualidad, hado, fortuna.
- **Fuerza, sinónimo de:** Vigor, pujanza, potencia, ánimo, resistencia, energía, aliento, fibra, nervio, vitalidad, reciedumbre, poder, poderío, robustez, brío, firmeza, fortaleza, dureza, impetu, bazarria, dinamismo, vivacidad, corpulencia.
- **Inteligencia, sinónimo de:** Juicio, intelecto, cacumen, entendimiento, talento, comprensión, penetración, perspicacia, agudeza, sutileza, capacidad, lucidez, entendederas, cerebro, cabeza, sesos, chispa, meollo, razón, ingenio, clarividencia, mente, percepción, discernimiento.
- **Comodidad, sinónimo de:** Holgura, bienestar, desahogo, conveniencia, regalo, desasimiento, prosperidad, descanso, molicie, placer, agrado, paz, serenidad, sosiego, tranquilidad, reposo, armonía, inmovilidad, riqueza, lujo.
- **Resistencia, sinónimo de:** Aguante, fortaleza, vigor, fuerza, poder, nervio, vitalidad, ánimo, empuje, robustez, firmeza, brío, eficacia, pujanza, reciedumbre, poderío, fibra, tenacidad, dureza, entereza, potencia.
- **Audacia, sinónimo de:** Osadía, atrevimiento, intrepidez, temeridad, coraje, valor, arrojo, arresto, valentía, aplomo, resolución, decisión, brío, empuje, bazarria, riesgo, energía, denuedo, imprudencia, despreocupación, determinación.
- **Ligereza, sinónimo de:** Prontitud, presteza, rapidez, viveza, agilidad, velocidad, celeridad, actividad, apresuramiento, delgadez, gracilidad, levedad, pequeñez, menudencia, suavidad, tenuidad.
- **Calidad, sinónimo de:** Perfección, bondad, excelencia, virtud, eficacia, clase, cualidad, condición, carácter, categoría, índole, naturaleza, propiedad, atributo, adjetivo, modo, característica, especie, tenor, calificación, particularidad, cuantía, tipo, jaez, calaña, estofa, ralea, pelaje, aptitud, disposición, nobleza, importancia, ilustre, categoría, linaje, posición, jerarquía, rango.
- **Adaptabilidad, sinónimo de:** Aclimatación, acostumbamiento, habituamiento, arraigo, familiarización, transformación, ajuste, educación arreglo.
- **Innovación, sinónimo de:** Creación, novedad, invento, invención, idea, primicia, perfeccionamiento, mejora, adelanto, progreso, renovación, descubrimiento, improvisación, introducción, transformación, modificación, cambio, alteración.
- **Dinamismo, sinónimo de:** Agilidad, ligereza, actividad, velocidad, eficacia, diligencia, trabajo, afán, vivacidad, rapidez, prontitud, apresuramiento, energía, solicitud, laboriosidad, aplicación, dedicación.

Dadas estas características, se pensó en elaborar una investigación exploratoria cualitativa para saber con qué formas asocian los individuos con educación superior de sexo y edades distintas de México Distrito Federal, estos conceptos y diseñar en consecuencia un aparato que los refleje.



Para lograr esto se elaboró un instrumento de encuesta donde los encuestados debían dibujar cualquier cosa que asociaran con el concepto a analizar.

Por otro lado, con el objetivo de clasificar en grupos distintos los posibles dibujos obtenidos y así poder establecer algún tipo de tendencia general en la asociación con los diferentes conceptos, se consideraron los criterios de clasificación que se muestran a continuación:

- Formas que evoca el concepto: Es decir lo que dibujaran las personas (focos, caras, hojas, etc.).
- Orientación de las formas: En este caso, para conocer la orientación, se estableció que el eje imaginario más largo de la forma determinaba si esta tenía una posición horizontal, vertical, oblicua o ninguna (en caso de que todos los ejes midieran aproximadamente lo mismo).
- Dirección de las formas: Esto significa la dirección hacia donde apuntan en grados, los dibujos. Para ubicar la dirección de los trazos se consideró un círculo imaginario dividido en ocho sectores de 45° en contra sentido de las manecillas del reloj. Para establecer la dirección que pudieran o no tener los dibujos, se observó, en caso de que esta no fuera evidente, la manera en que fue apoyado el lápiz, así la parte del dibujo que estaba más marcada era la que indicaba la dirección. También se estableció que la cabeza o cara de una persona mostraba la dirección del dibujo, de igual manera el vidrio de un foco, el asiento de una silla, la cabecera de una cama, el techo de una casa, la parte más angosta de una pluma o de una hoja de árbol.
- Líneas principales que componen las formas: Esto es, si los dibujos están formados por líneas rectas, líneas curvas, una mezcla de líneas curvas y rectas o por formas geométricas simples.
- Simetría de las formas: Es decir, si las formas presentaban o no una simetría. Se consideró si los dibujos isométricos eran simétricos o asimétricos, también si lo que se pretendía representar en los dibujos isométricos era algo simétrico o no.
- Colores: Es decir los colores con que las personas asociaban cada concepto.

Para realizar esta encuesta se utilizó una tabla en la cual figuran todos los Conceptos seleccionados donde se señala el género y los rangos de edades correspondientes al entrevistado, esto con el fin de encontrar posibles interpretaciones por género y por edad, acerca de los distintos conceptos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

A continuación se muestra la tabla que se utilizó para realizar la encuesta.

Futurista	Fuerza	Inteligencia
Color:	Color:	Color:
Comodidad	Resistencia	Audacia
Color:	Color:	Color:
Ligereza	Calidad	Adaptabilidad
Color:	Color:	Color:
Innovación	Dinamismo	Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M
Color:	Color:	Menor a 25 años ( ). Entre 25 y 35 años ( ). Entre 36 y 45 años ( ). Mayor a 45 años ( ). (coloque una cruz, en el rango de edad al cual usted corresponde)

Para esta encuesta se seleccionó entrevistar de 10 a 12 personas por cada rango de edades de cada género, sin embargo, esto resultó ser una labor muy difícil de llevar a cabo en el caso del rango de edades entre 36 y 45 años de ambos géneros, ya que estos argumentaban no tener tiempo o pensaban que se trataba de una evaluación psicológica, lo que les daba desconfianza o miedo. Por lo tanto en el caso de este rango de edades no se pudo obtener una cantidad suficiente de personas (fueron 2 mujeres y 3 hombres), para establecer alguna tendencia "estética" con respecto a los conceptos estudiados.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Una vez capturados los datos de la encuesta, se hicieron los gráficos correspondientes y se elaboró una tabla para cada concepto, en las cuales se condensa la información de los gráficos obtenidos así como una interpretación de los mismos (ver "anexo II" de estética).

A partir de las tablas "estéticas" de cada concepto, se observó la posible similitud de características entre los géneros y rangos de edades. Para establecer la tendencia asociada con cada concepto se seleccionó la tendencia de la mayoría, se compararon las características estéticas obtenidas para ambos sexos con los diferentes rangos de edades, así se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Fuerza y Resistencia</b>	No fue posible establecer característica general alguna para representar estos conceptos. Es necesario, para poder representarlos, orientarse a un género o rango de edad en específico.
<b>Adaptabilidad</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar compuesto por líneas curvas o por una gran mayoría de estas.</li> <li>• Ser asimétrico.</li> <li>• Ser, de preferencia, de color verde.</li> </ul>
<b>Audacia</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar compuesto por una mayoría de líneas curvas.</li> <li>• Mostrar alguna dirección.</li> <li>• Ser asimétrico.</li> <li>• Ser de color rojo, azul o verde.</li> </ul>
<b>Calidad</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener, de preferencia, una orientación vertical.</li> <li>• Estar compuesto por formas geométricas simples.</li> <li>• Ser simétrico.</li> </ul>
<b>Comodidad</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar una orientación horizontal.</li> <li>• Estar compuesto en su mayoría por líneas curvas.</li> </ul>
<b>Dinamismo</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar una orientación horizontal.</li> <li>• Mostrar alguna dirección.</li> <li>• Ser asimétrico.</li> <li>• Ser de color rojo o de colores cálidos y vivos.</li> </ul>
<b>Futurismo</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar compuesto por formas geométricas simples.</li> <li>• Ser de colores metálicos "blancos o grises".</li> </ul>
<b>Ligereza</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estar compuesto por líneas curvas.</li> <li>• Ser de color blanco o de colores neutros o fríos y de tonos claros.</li> </ul>
<b>Innovación</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar de preferencia una orientación vertical.</li> <li>• Mostrar una dirección de 90°.</li> </ul>
<b>Inteligencia</b>	Un diseño que evoque este concepto debe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser de preferencia de color azul.</li> </ul>

Los resultados mostraron que, no es posible realizar un diseño que evoque fuerza o resistencia para todos los rangos de edades así como para todos los géneros. Por lo tanto, al elaborar la estética de este dispositivo, estos dos conceptos no serán tomados en cuenta.

También, se puede observar en la tabla, que las características estéticas a seguir pueden ser opuestas entre algunos conceptos, por lo tanto propongo que a ciertos elementos del dispositivo se les asigne algún concepto. Por ejemplo, a las partes mecánicas del dispositivo se les asociaría el concepto de calidad o, a las que van pegadas al brazo de la persona se les asociaría el concepto adaptabilidad y comodidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## V. PERFIL DEL PRODUCTO

## PERFIL DEL PRODUCTO

Los siguientes puntos que se muestran a continuación son los requerimientos de uso, de relación hombre-objeto, de producción y estéticos con que se espera cuente el dispositivo a elaborar.

### **5.1 Características de uso del producto**

- Este dispositivo debe poder funcionar tanto en ambientes externos como internos.
- En caso de que se use energía eléctrica, esta servirá solo para controlar las válvulas del dispositivo.
- El dispositivo se deberá poder ajustar a las diferentes fisionomías corporales.
- Los controladores estarán en la mano y donde menos estorben el funcionamiento de la misma.
- El dispositivo deberá poder soportar los golpes físicos que una persona pueda recibir comúnmente.
- El dispositivo no deberá manchar al usuario.
- No se deberán hacer más de 15 flexiones del brazo para comprimir el resorte del dispositivo que ejercerá el trabajo necesario para levantar una carga de 14 Kg.
- La fuerza que ejerza el brazo para "cargar" al dispositivo no deberá ser superior a 1.5 kg.
- El movimiento del dispositivo podrá ser detenido a voluntad.
- El movimiento del brazo no deberá ser impedido por el dispositivo en ningún momento.
- El dispositivo no se deberá trabar en ninguna posición.
- No deberá haber juego entre el movimiento del brazo y el del aparato.
- El dispositivo no deberá caerse del brazo.
- El dispositivo deberá poderse poner en un máximo de cuatro pasos.

### **5.2 Características de relación hombre-objeto**

- El dispositivo no deberá poder levantar cargas superiores a 11.5kg en cada brazo.
- Las partes metálicas del dispositivo que pudieran entrar en contacto directo con la persona deberán estar aisladas, tanto térmicamente como eléctricamente.
- El aparato no deberá tener filos o partes que puedan lacerar al usuario.
- El aparato será utilizado por personas de sexo masculino entre los percentiles 20 y 80 y de sexo femenino entre los percentiles 97 y 99.5, correspondientes a las longitudes de la parte superior del brazo, antebrazo y antebrazo-metacarpianos.
- El dispositivo se deberá ajustar sobre las zonas que tienen más tejidos musculares.

- Las áreas del dispositivo que apliquen fuerza al brazo de la persona deben tener, como mínimo, un área de 37.5 cm<sup>2</sup>.
- Los posibles elementos que sujeten el aparato al brazo de la persona no deberán ejercer una presión superior a 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Las partes del aparato que puedan estar en contacto con la piel deben ser de materiales que tengan un coeficiente de radiación inferior o igual al de la piel, como pueden ser los textiles o los plásticos.
- Los materiales del dispositivo que estén en contacto con la piel deben ser aquellos que sean conocidos por los pocos o ningunos casos de alergia que puedan producir. Un material ideal a utilizar sería el algodón.
- El eje sobre el cual se flexiona el dispositivo deberá ser el mismo que el de la articulación del codo.
- Que el dispositivo no impida, de alguna manera, el movimiento normal del brazo.

### **5.3 Características estéticas:**

Conforme a las encuestas realizadas en el capítulo IV, las características estéticas buscadas son las siguientes:

- Las partes mecánicas del dispositivo deberán reflejar los conceptos calidad y futurismo.
- Las partes que están en contacto con el brazo de la persona deberán reflejar el concepto adaptabilidad y comodidad.
- Las partes móviles del dispositivo deberán reflejar audacia y dinamismo.
- Las partes que controlen el dispositivo deberán reflejar inteligencia.
- La totalidad del dispositivo deberá reflejar ligereza e innovación.

### **5.4 Características de producción:**

Las características de producción definen los procesos de fabricación a utilizar para la creación de algún producto, según las posibilidades tecnológicas con que se cuente, así como la cantidad de productos a elaborar.

Los procesos de producción que se usarán para la elaboración de este prototipo serán los siguientes:

- Fundición en arena o yeso.
- Utilización de máquinas herramientas.
- Termoformado.
- Utilización de resinas y fibras.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VI. DISEÑOS PROPUESTOS Y SUS CARACTERÍSTICAS



## 6.1 CARACTERÍSTICAS DE CADA DISEÑO

Los diseños que se muestran a continuación, fueron elaborados a partir de los cálculos mecánicos y requerimientos dimensionales derivados de estos así como en algunos puntos o la totalidad de estos del perfil del producto tratado en el capítulo anterior.

Para llegar al diseño final se tuvieron que elaborar diferentes diseños en los cuales se aplicaron los datos mostrados en los capítulos anteriores, así como simuladores funcionales para comprobar si los diseños planteados cumplían con las características funcionales, de relación hombre-objeto, estéticas y de producción del perfil del producto.

El trabajo de diseño se elaboró de la siguiente manera:

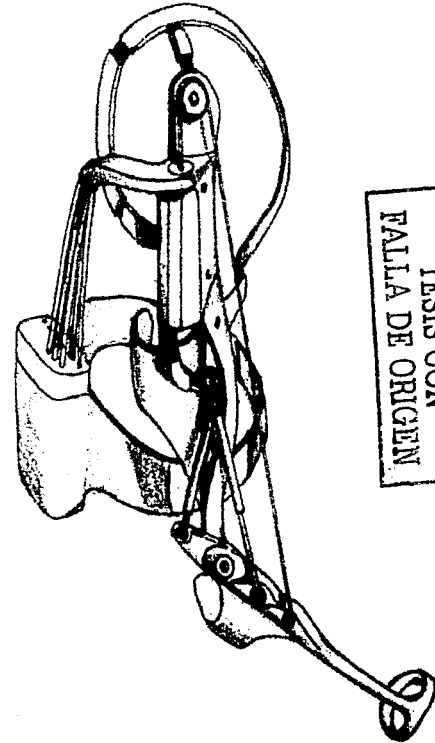
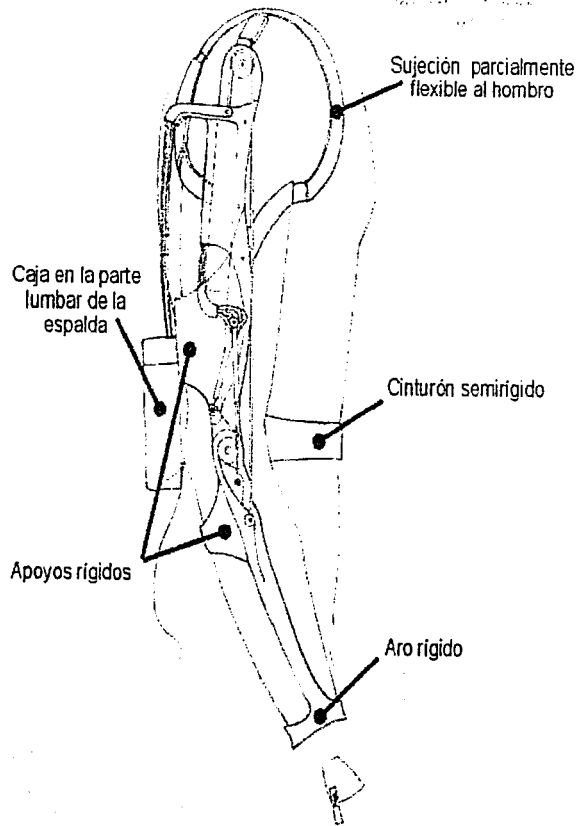
1. *Se considera al perfil del producto como una guía de puntos a ir cumpliendo, empezando por los puntos funcionales y de relación hombre-objeto y continuando con los de producción para terminar con los estéticos.*
2. *Se plantea un primer diseño en el cual se toman en cuenta, de una manera aproximada, las dimensiones físicas requeridas por el mecanismo elegido derivadas de los cálculos físico-matemáticos obtenidos sin tomar en cuenta los espesores de las partes ni elementos como válvulas o, dado el caso, partes eléctricas. Todo esto con el fin de hacerse una idea de las proporciones del aparato, respecto al brazo de la persona. Se consideran los sistemas de sujeción al brazo y al cuerpo así como los puntos en que el aparato va a ejercer fuerza sobre el brazo y viceversa.*
3. *Se observan posibles fallas evidentes en el diseño.*
4. *Se plantea otro diseño en el que se pretende la mejora del anterior y así sucesivamente se repiten los pasos uno y dos.*
5. *Cuando las fallas no son tan evidentes se elabora un simulador para comprobar el funcionamiento de los primeros diseños.*
6. *Se observan las fallas posibles del simulador y se corrigen sobre el mismo o se elabora otro para corregir estas.*
7. *Se elabora otro diseño; se comienzan a considerar espesores de las piezas al ir conociendo los materiales y elementos susceptibles de ser empleados y se repiten los pasos uno al siete.*
8. *Por último se elabora un prototipo, se observan y mencionan las posibles fallas existentes y se plantean posibles soluciones.*

A continuación describo los diseños de este dispositivo y como fueron evolucionando hasta llegar al diseño final.

## 6.2 DISEÑO

A

Diseño de aspecto  
orgánico



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Este diseño fue elaborado para observar las posibilidades de configuración derivadas de los datos mecánicos obtenidos así como para ver las proporciones del mismo respecto al brazo y al torso de una persona.

Se estableció una aproximación de la longitud y espesor de los elementos mecánicos implicados tomando estrictamente en cuenta los datos obtenidos de los cálculos es decir sin tomar en cuenta las dimensiones reales, derivadas del espesor de las partes así como de los espacios que ocupan elementos como resortes, válvulas, émbolos, mangueras y chicotes.

Por otro lado se planteó una forma de sujeción al cuerpo tomando en cuenta los puntos de sujeción esenciales para el funcionamiento del mecanismo y la rigidez de los mismos.

En este caso al aparato se le impide caerse del brazo por medio de una sujeción al hombro parcialmente flexible. En la muñeca se cuenta con una especie de aro rígido que reduce el juego entre el brazo y el aparato, logrando de esta manera que la transmisión del movimiento del brazo al aparato sea la mejor posible. En la parte dorsal del brazo y antebrazo hay dos apoyos, también rígidos, que sirven para repartir mejor las fuerzas ejercidas por el aparato sobre la totalidad del brazo. Estos apoyos también cumplen la labor de evitar que el aparato se flexione sin ejercer fuerza al brazo. La "caja" en la que están los pistones que acumulan la energía se encuentra colocada en la región lumbar de la espalda y sujeta por un cinturón semi-rígido (como podría ser un cinturón de nylon).

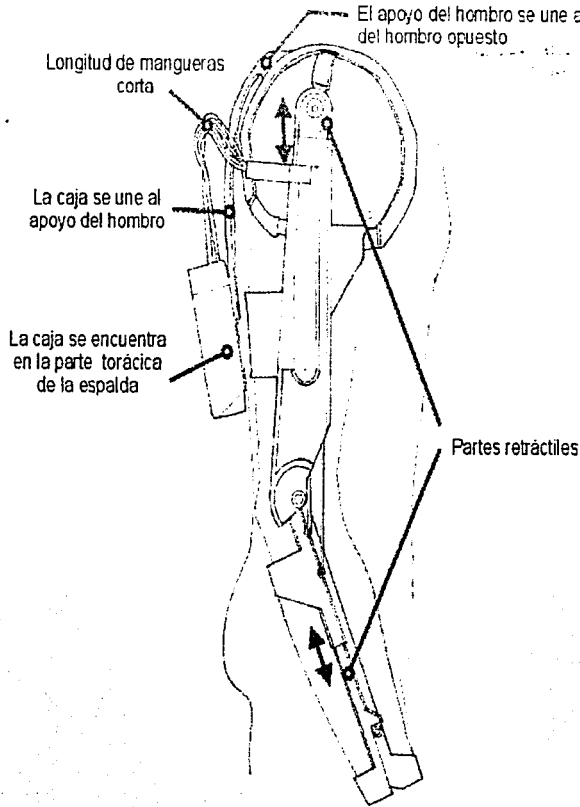
Los mayores inconvenientes de este diseño son los siguientes:

- No es ajustable a los diferentes tipos morfológicos de personas.
- El apoyo en el hombro no es muy estable.
- Al contar la articulación del hombro con los 6 grados de libertad es complicado estabilizar una estructura de apoyo en el hombro como la planteada en el diseño.
- Las dimensiones del aparato son poco aproximadas a las reales excepto por las distancias entre los puntos de apoyo obtenidos o determinados en los cálculos.
- Al encontrarse la "caja" sujeta por un cinturón desde la parte lumbar de la espalda, éste se presta para ejercer más presión sobre ella y sobre la zona abdominal del sujeto al momento de flexionar el tronco, debido a los pliegues de la piel y tejidos grasos que comúnmente hay en esta zona.

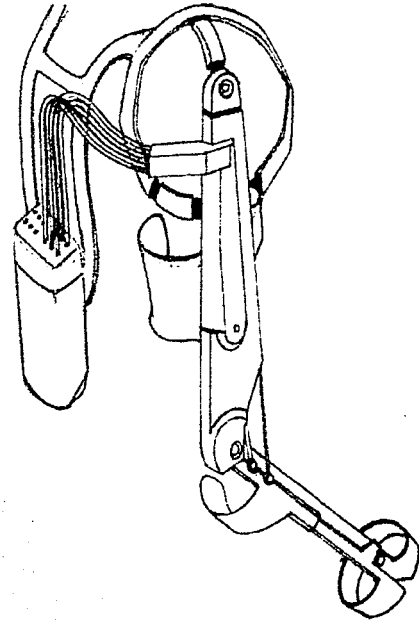
En este diseño se buscó un aspecto orgánico que evocara la adaptación de la máquina al hombre.

# 6.3 DISEÑO

B



Diseño de aspecto  
robótico



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Este diseño es casi idéntico al A en el aspecto funcional. Solo existen 4 diferencias en este aspecto que son:

- El apoyo del hombro se une al del hombro opuesto así como a la "caja" en la cual se encuentran los pistones que acumulan la energía. Esto le da más estabilidad al apoyo y permite que los pasos para ponerse el aparato se reduzcan, ya que el operador no tiene que ajustarse primero la "caja" y después levantar la otra parte del mecanismo que se ajusta al brazo.
- Al no estar la "caja" sujeta por un cinturón se evita cualquier problema como el mencionado en el punto 5 del diseño A.
- La "caja" se encuentra en la parte torácica de la espalda para disminuir la longitud de las mangueras por las que pasan los fluidos del mecanismo. De esta manera se reduce el riesgo de que las mangueras se rompan debido a algún agente externo y además se disminuye el peso total del aparato.
- Se observó una posibilidad en la capacidad de hacer adaptable el aparato a diferentes longitudes de brazos mediante el uso de partes retráctiles en la muñeca y en el la parte del hombro.

Los inconvenientes de este diseño son:

- El aparato sigue sin contemplar los diferentes tipos morfológicos de las personas.
- La unión de la "caja" con el apoyo del hombro puede causar, muy probablemente, una restricción grande de movimiento en la articulación del hombro.
- Como en el diseño A, las dimensiones del aparato son poco aproximadas a las reales excepto por las distancias entre los puntos de apoyo obtenidos o determinados en los cálculos.

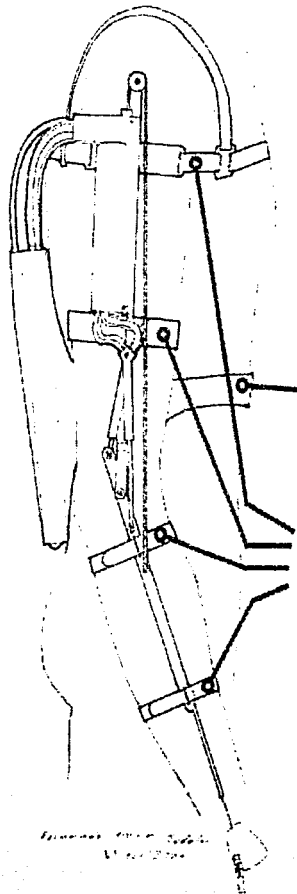
En este diseño se buscó un aspecto robótico por medio de líneas rectas y volúmenes cúbicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.4 DISEÑO

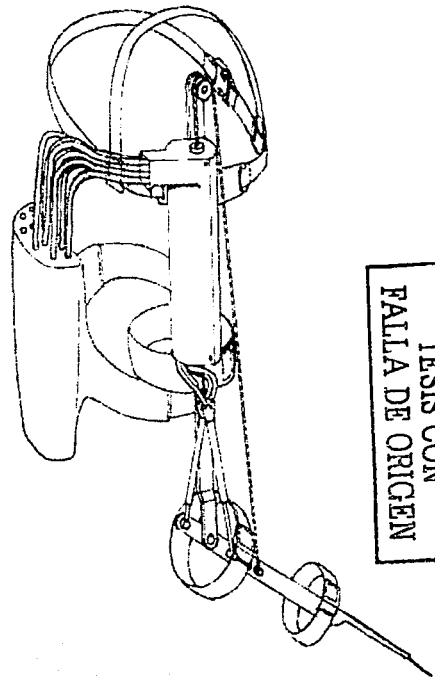


Diseño de material  
standardizado



Cinturón en la parte superior del abdomen

Cintas no elásticas



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Este diseño es muy similar al B y al A en el aspecto funcional, excepto por los siguientes puntos:

- En este caso se han tomado en cuenta, de una manera más aproximada, la longitud y espesor de los elementos mecánicos implicados derivadas del espesor de las partes así como de los espacios que ocupan elementos como resortes, válvulas, émbolos y partes eléctricas.
- Se vuelve a la sujeción de la "caja" por medio de un cinturón pero esta vez el cinturón se ubica en la parte superior del abdomen donde se forman menos pliegues de piel y tejidos grasos que en la parte media y baja del abdomen. Al no estar la caja unida al apoyo del hombro como en el diseño B, se disminuye la restricción de movimiento en la articulación del hombro.
- Se utilizan cintas no elásticas ajustables para fijar el aparato al brazo y al hombro, permitiendo que este se adapte a los diferentes tipos morfológicos de personas y que la fuerza que ejerce el brazo sobre la máquina se transmita sin muchas pérdidas.

En este diseño se buscó un aparato simplificado construido en su mayoría con material estandarizado.

Los inconvenientes del diseño son:

Dado que los inconvenientes de este diseño no eran tan evidentes como en los diseños A y B se elaboró primero un simulador funcional para probar la sujeción del aparato al brazo así como para comprobar si la articulación del codo realmente giraba alrededor de un eje fijo imaginario. El simulador constaba de dos tablas de madera con ranuras en sus extremidades y unidas por un eje (un tornillo) en los extremos opuestos; en las ranuras se colocaron unos listones con velcro para que estos ajustaran el simulador al brazo. (ver imagen del simulador abajo).



Simulador funcional para probar la sujeción del aparato al brazo así como para comprobar si la articulación del codo realmente giraba alrededor de un eje fijo imaginario

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Lo que se descubrió con este simulador fue lo siguiente:

- Dado que los músculos varían constantemente su geometría, los listones no podían sujetar el aparato al brazo en la posición correcta, por lo tanto no se pudo verificar tampoco si la articulación del codo realmente giraba alrededor de un eje fijo imaginario. Sin embargo se comprobó que el uso de cintas no elásticas para sostener al dispositivo no era factible.

A partir de esto se elaboró otro simulador funcional hecho de plastilina epóxica en el cual se procuró que su forma se acomodara a las partes del brazo que menos se modificarían al contraerse los músculos. Este simulador constaba de una parte para el brazo superior y otra para el antebrazo unidas por un eje metálico, la parte del brazo superior se sujetaba por medio de una cinta elástica y la del antebrazo por medio del eje metálico y mediante un semi-aro de plastilina epóxica que mantenía esta parte en la posición correcta. (ver la imagen del simulador del diseño "C" en plastilina epóxica).



Simulador del diseño "C" en plastilina epóxica

Lo que se descubrió con este simulador fue lo siguiente:

- Con la cinta elástica el aparato se quedaba en su posición.
- Se comprobó que la articulación del codo realmente giraba alrededor de un eje fijo imaginario o que la variación en la posición de éste es pequeña.
- Al tener flexionada la articulación del codo y posteriormente ejercer un movimiento rotatorio medial o lateral del hombro, se descubrió que existía



una dificultad del aparato para rotar de la misma manera que el hombro y esto se debía a que los músculos de la parte superior del brazo no giraban junto con el húmero.

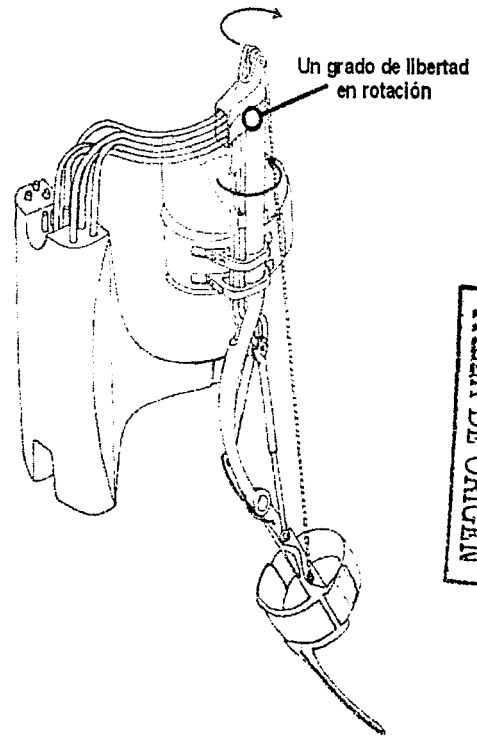
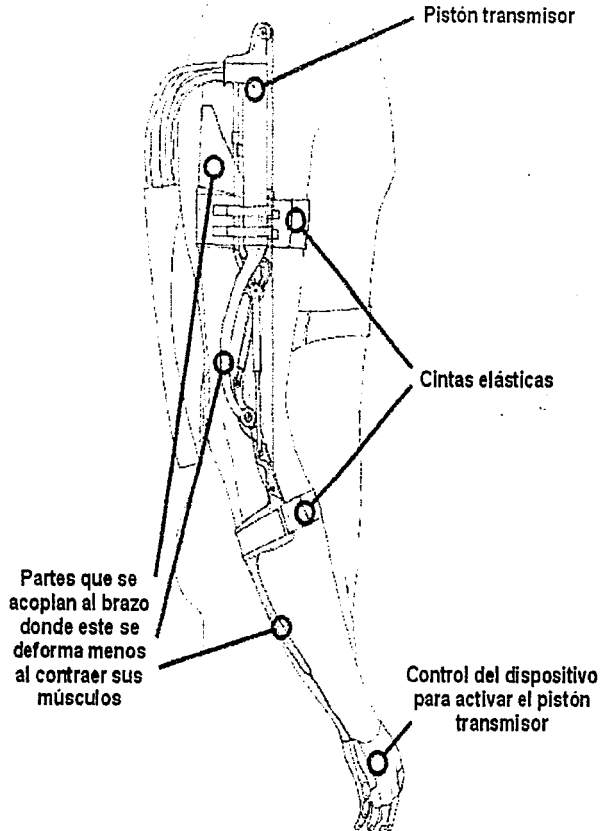
Tomando en cuenta estas observaciones se pasó a elaborar un nuevo diseño que resolvería los problemas de fijación y de movilidad con que contaban todos los anteriores diseños.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

## 6.4 DISEÑO

D

Diseño de aspecto  
orgánico



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la elaboración de este diseño se tomaron en cuenta las observaciones obtenidas de los simuladores que se hicieron para comprobar el funcionamiento de los diseños A, B y C.

En el aspecto funcional estas son las modificaciones que se plantearon:

- Las partes del dispositivo que están en contacto con el brazo se acoplan, en la medida de lo posible, a las partes del brazo que menos se modifican al contraerse los músculos.
- La sujeción del dispositivo al brazo se lleva a cabo por medio de cintas de material elástico que pueden ser ajustadas. Esto permite una mayor adaptabilidad a los diferentes tipos morfológicos de personas.
- A la unión entre el cilindro de transmisión de la fuerza y a la parte de sujeción al brazo, se la dotó de un grado de libertad en rotación para evitar que el brazo del usuario tuviera dificultad al girar.
- El control del dispositivo para activar el pistón transmisor ubicado en el brazo se sujetaría a la mano por medio de un guante.

Para verificar si estas modificaciones permitían al brazo ejercer la totalidad de sus movimientos se elaboró otro simulador (ver ilustración de abajo) y estos fueron los resultados obtenidos:



Simulador que tiene un grado de libertad en rotación.

- Al ejercer un movimiento rotatorio medial o lateral del hombro, se descubrió que existía una dificultad del aparato para rotar de la misma manera que el hombro y esto se debía a que el grado de libertad de rotación añadido no seguía el radio de giro natural que formaba el eje de la articulación del aparato respecto al eje longitudinal del húmero.

- La sujeción del dispositivo al brazo es pobre, debido a que las superficies rígidas que se apoyan en el brazo son mayores que las superficies de las cintas elásticas, lo que hace que el dispositivo tienda a resbalarse.

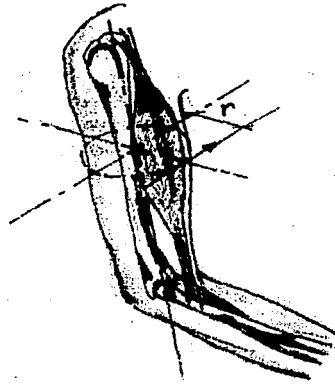
Dados estos resultados se elaboró un nuevo simulador (ver ilustración de abajo) que permitiera al brazo, ahora sí, ejercer la totalidad de sus movimientos. Este se muestra a continuación.



Simulador que utiliza un radio de giro para permitir la rotación del hombro.

Esto se llevó a cabo mediante la utilización del radio de giro que se obtiene de la distancia existente entre el eje longitudinal del húmero y la tangente imaginaria del bíceps cuando el músculo está contraído (ver Fig. 6.1).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.1 (Radio de giro "r", obtenido de la distancia existente entre el eje longitudinal del húmero y la tangente imaginaria del bíceps, cuándo este está contraído)

Con este radio de giro se elaboró un nuevo modelo funcional del cual se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Con el radio de giro se evita que la articulación del hombro tenga dificultades para girar.
- La sujeción del aparato al brazo es complicada porque no existe ninguna referencia para saber si este está correctamente colocado (si la articulación del eje del aparato concuerda con la del eje del codo, por ejemplo)
- El aparato se escurría debido a la poca adherencia de las partes elásticas y a que estas estaban colocadas en las partes que más se deformaban del brazo.

Para corregir estos problemas sobre el mismo modelo se elaboraron los siguientes cambios:

- Se hizo para la parte superior del brazo, una pieza termo formada que se acoplara a este, lo que ayudó a facilitar la fijación del aparato y a colaborar junto con la cinta elástica a que este no resbalase. También contribuyó para la correcta fijación del aparato, que la cinta elástica del antebrazo se colocase en la muñeca ya que esta es una parte del cuerpo que no varía de dimensión al contraer o relajar los músculos del brazo. Por otra parte, se probó la colocación de unos supuestos pistones cargadores, para verificar si estos no molestaban al usuario lo cual no sucedió (ver Fig. 6.2)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fig. 6.2 (Simulador con una mayor superficie de contacto con el brazo y con dos pistones cargadores)

Después del desarrollo de este último modelo que resuelve los problemas de fijación del aparato al brazo, fue necesaria una nueva configuración del mismo, dado que los pistones cargadores se encuentran sobre los rieles que crean el radio de giro del aparato.

## 6.6 Diseños E, F y G

Para esta nueva configuración se elaboraron tres nuevos diseños, el "E", "F" y "G", los cuales cumplen de una manera más aproximada con el perfil del producto.

Los tres diseños que se encuentran en las siguientes hojas cumplen de igual forma con las características de uso, relación hombre objeto y producción, señaladas en el perfil del producto. Por lo tanto, solamente en el aspecto estético se encuentran diferencias.

## 6.6 DISEÑO

E

Adaptabilidad y comodidad

Calidad y futurismo

La totalidad del dispositivo debe reflejar inteligencia e innovación

0

1

2

0

Calificación comparativa sobre tres (0-2) entre los diseños E, F y G

Audacia y dinamismo

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Formal Area Table*

## 6.6. DISEÑO

F

Adaptabilidad y simplicidad

Calidad y futurismo

La totalidad del dispositivo debe reflejar inteligencia e innovación

Audacia y dinamismo

1

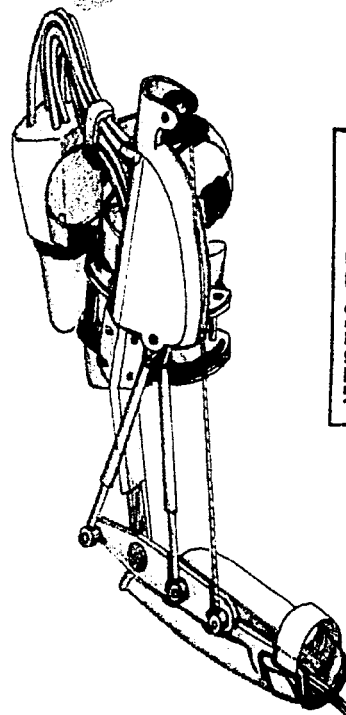
2

2

2

2

Calificación comparativa sobre tres (0-2) entre los diseños E, F y G



TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

L. Juan Toledo



## 6.6 DISEÑO

G

Adaptabilidad y compactación

Calidad y refinamiento

2

2

2

2

2

Calificación comparativa sobre tres (0-2) entre los diseños E, F y G

Audacia y dinamismo

La totalidad del dispositivo debe reflejar inteligencia e innovación

TEJES CON  
FALLA DE ORIGEN

de Man-Tuloh

A continuación se muestra una tabla comparativa en la cual se observa con qué puntos del perfil del producto se creó que cumple cada uno de estos tres últimos diseños.

<i>Características de</i>	<b>Diseño E</b>	<b>Diseño F</b>	<b>Diseño G</b>
<b>Uso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este dispositivo debe poder funcionar tanto en ambientes externos como internos.</li> <li>• En caso de que se use energía eléctrica, esta servirá solo para controlar las válvulas del dispositivo.</li> <li>• El dispositivo se deberá poder ajustar a las diferentes fisionomías corporales.</li> <li>• Los controladores estarán en la mano y donde menos estorben el funcionamiento de la misma.</li> <li>• El dispositivo deberá poder soportar los golpes físicos que una persona pueda recibir comúnmente.</li> <li>• El dispositivo no deberá manchar al usuario.</li> <li>• No se deberán hacer más de 15 flexiones del brazo para "cargar" (almacenar la energía en el resorte) al dispositivo que ejercerá el trabajo necesario para levantar una carga de 12 Kg.</li> <li>• La fuerza que ejerza el brazo para "cargar" al dispositivo no deberá ser superior a 1.5 kg.</li> <li>• El movimiento del dispositivo podrá ser detenido a voluntad.</li> <li>• El movimiento del brazo no deberá ser impedido por el dispositivo en ningún momento.</li> <li>• El dispositivo no se deberá trabar en ninguna posición.</li> <li>• No deberá haber juego entre el movimiento del brazo y el del aparato.</li> <li>• El dispositivo no deberá caerse del brazo.</li> <li>• El dispositivo deberá poderse poner en un máximo de cuatro pasos.</li> </ul>	C/Aluminio y polímeros ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ no resuelto ✓ ✓ ✓	✓=cumple ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ no resuelto ✓ ✓ ✓	X=no cumple ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ no resuelto ✓ ✓ ✓
<b>Relación hombre-objeto:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El dispositivo no deberá poder levantar cargas superiores a 11.5kg en cada brazo.</li> <li>• Las partes metálicas del dispositivo que pudieran entrar en contacto directo con la persona deberán estar aisladas, tanto térmicamente como eléctricamente.</li> <li>• El aparato no deberá tener filos o partes que puedan hacer al usuario.</li> <li>• El aparato será utilizado por personas de sexo masculino entre los percentiles 20 y 80 y de sexo femenino entre los percentiles 97 y 99.5, correspondientes a las longitudes de la parte superior del brazo, antebrazo y antebrazo-metacarpianos.</li> <li>• El dispositivo se deberá ajustar sobre las zonas que tienen más tejidos musculares.</li> </ul>	✓ Espuma e/ ferro de algodón. Polim. ✓ ✓ Solo en la parte superior del brazo ✓ ✓ Algodón ✓ Algodón ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ Solo en la parte superior del brazo ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ Solo en la parte superior del brazo ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
<b>Estéticas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las partes mecánicas del dispositivo deberán reflejar los conceptos calidad y futurismo.</li> <li>• Las partes que están en contacto con el brazo de la persona deberán reflejar el concepto adaptabilidad y comodidad.</li> <li>• Las partes móviles del dispositivo deberán reflejar audacia y dinamismo.</li> <li>• Las partes que controlen el dispositivo deberán reflejar inteligencia.</li> <li>• La totalidad del dispositivo deberá reflejar ligereza e innovación.</li> </ul>	0 2 1 2 0	1 2 2 2 1	2 2 2 2 2
<b>Producción:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición en arena o yeso.</li> <li>• Utilización de máquinas herramientas.</li> <li>• Termoformado.</li> <li>• Utilización de resinas y fibras.</li> </ul>	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓

De estos tres diseños se escogió el diseño "G" para ser desarrollado con mayor detalle y para elaborar un prototipo, ya que este es el que mejor se acopla al perfil del producto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VII. PRESUPUESTO

· TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se muestra un estimado de lo que costaría el desarrollo de la investigación de esta tesis y su prototipo, en caso de que este trabajo fuese hecho para o vendido a un tercero.

El presupuesto que a continuación se muestra se elaboró de la siguiente manera:

1. Se dividió en temas el proyecto a realizar.
2. Se estimó el tiempo necesario para desarrollar cada tema y sus respectivas actividades.
3. Se elaboró una división del trabajo, asignando a cada gremio su respectiva actividad. Los gremios que se encontraron fueron, profesionistas (diseñadores, ingenieros, mercadólogos, médicos y físicos), operadores de transporte (chóferes), operadores de maquinaria fija y ayudantes (secretarias) y los técnicos (dibujantes).
4. A partir de los datos del censo del año 2000 elaborado por el Instituto Mexicano de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se obtuvieron los salarios mínimos (s.m.) que ganan en su mayoría cada gremio de los antes mencionados en el paso 3, así como el valor del salario mínimo en el D.F. (\$40.35 la jornada laboral de 8hrs). De esta manera, tenemos que los profesionistas ganan en su mayoría más de 5 s.m hasta 10s.m. (se tomaron 10 s.m. como referencia), los operadores de transporte mas de 1 s.m. hasta 2s.m (se tomaron 2 s.m. como referencia), los operadores y los ayudantes de maquinaria fija ganan igual que los operadores de transporte y por último los técnicos que ganan de 3s.m a 5s.m (se tomaron como referencia 5s.m).
5. Para finalizar se muestran los gastos por concepto de costo en materiales y producción.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Elementos que componen el proyecto</b>	<b>Tiempo invertido</b>	<b>Costo económico del proyecto en pesos(\$)</b>
<b>Introducción:</b>		
• Redacción y conclusión.	• 20hrs Diseñador	\$1,009
		<b>Subtotal: \$1,009</b>
<b>Búsqueda de antecedentes:</b>		
• Consulta en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).	• 6hrs Diseñador	\$302.5
• Consulta en libros	• 16hrs Diseñador	\$807
• Consulta en el Internet.	• 30hrs Diseñador	\$1,513
• Oportunidad de diseño.	• 8hrs Diseñador	\$403.5
• Conclusión y Redacción.	• 6hrs Diseñador	\$302.5
		<b>Subtotal: \$3,328.5</b>
<b>Factores de Mercado:</b>		
• Búsqueda en el Internet	• 20hrs Mercadologo	\$1,009
• Consulta en libros	• 20hrs Mercadologo	\$1,009
• Redacción y conclusión	• 6hrs Mercadologo	\$302.5
		<b>Subtotal: \$2,320.5</b>
<b>Funcionamiento del cuerpo humano y factores que actúan sobre este:</b>		
• Consulta en libros.	• 80hrs Médico	\$4,035
• Asesoría con médico.	• 20hrs Médico	\$1,009
• Redacción y conclusión.	• 80hrs Médico	\$4,035
		<b>Subtotal: \$9,079</b>
<b>Enfermedades:</b>		
• Búsqueda en el Internet.	• 40hrs Médico	\$2,017.5
• Consulta en libros	• 12hrs Médico	\$605.5
• Asesoría con médico	• 8hrs Médico	\$403.5
• Redacción y conclusiones.	• 8hrs Médico	\$403.5
		<b>Subtotal: \$3,430</b>
<b>Biomecánica del codo:</b>		
• Búsqueda en biblioteca.	• 2hrs Médico e Ing.	\$101
• Consulta en libros.	• 160hrs Médico e Ing.	\$8,070
• Desarrollo de cálculos.	• 160hrs Médico e Ing.	\$8,070
• Dibujos ilustrativos (no incluidos en la tesis).	• 20hrs Médico e Ing.	\$1,009
• Consulta con Ing. Mecánico.	• 16hrs Ingeniero	\$807
• Elaboración de programa de cálculo.	• 8hrs Ingeniero	\$403.5
• Redacción y conclusión.	• 12hrs Médico e Ing.	\$605.5
		<b>Subtotal: \$19,066</b>
<b>Características del aparato a diseñar:</b>		
• Redacción y conclusión.	• 3hrs Mercadologo	\$151.5
		<b>Subtotal: \$151.5</b>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<p><b>Sistemas mecánicos propuestos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulta en libros.</li> <li>• Primeros conceptos mecánicos.</li> <li>• Consulta con Ing. Mec.</li> <li>• Segundos conceptos mecánicos.</li> <li>• Cálculos físico matemáticos.</li> <li>• Consulta con físico.</li> <li>• Creación de hojas de cálculo.</li> <li>• Redacción y conclusiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20hrs Diseñador e Ing.</li> <li>• 160hrs Diseñador e Ing.</li> <li>• 24hrs Ingeniero</li> <li>• 160hrs Diseñador e Ing</li> <li>• 80hrs Ingeniero</li> <li>• 20hrs Físico</li> <li>• 20hrs Ing.</li> <li>• 20hrs Diseñador</li> </ul>	<p>\$1,009</p> <p>\$8,070</p> <p>\$1,210.5</p> <p>\$8,070</p> <p>\$4,035</p> <p>\$1,009</p> <p>\$1,009</p> <p>\$1,009</p>
		<b>Subtotal: \$25,421.5</b>
<p><b>Perfil del producto:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de uso del producto.</li> <li>• Características estéticas del producto.</li> <li>• Características de producción.</li> <li>• Redacción y conclusiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8hrs Diseñador y Mercadologo</li> <li>• 8hrs Diseñador</li> <li>• 1hr Diseñador</li> <li>• 4hrs Diseñador</li> </ul>	<p>\$403.5</p> <p>\$403.5</p> <p>\$50.5</p> <p>\$202</p>
		<b>Subtotal: \$1,059.5</b>
<p><b>Sistemas de relación hombre objeto:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulta en libros.</li> <li>• Consulta en Internet.</li> <li>• Redacción y conclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80hrs Diseñador</li> <li>• 40hrs Diseñador</li> <li>• 40hrs Diseñador</li> </ul>	<p>\$4,035</p> <p>\$2,017.5</p> <p>\$2,017.5</p>
		<b>Subtotal: \$8,070</b>
<p><b>Características estéticas del diseño:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación de una encuesta "Estética".</li> <li>• Elaboración de la encuesta.</li> <li>• Realización de la encuesta.</li> <li>• Captura de datos.</li> <li>• Redacción y conclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60hrs Diseñador</li> <li>• 12hrs Diseñador</li> <li>• 80hrs Encuestadores</li> <li>• 80hrs Capturista</li> <li>• 80hrs Diseñador</li> </ul>	<p>\$3,026</p> <p>\$605.5</p> <p>\$4,035</p> <p>\$4,035</p> <p>\$4,035</p>
		<b>Subtotal: \$11,701.5</b>
<p><b>Características de cada diseño:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño A.</li> <li>• Diseño B.</li> <li>• Diseño C.</li> <li>• Diseño D.</li> <li>• Diseño E.</li> <li>• Diseño F.</li> <li>• Diseño G.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40hrs Diseñador</li> <li>• 40hrs Diseñador</li> <li>• 40hrs Diseñador</li> <li>• 80hrs Diseñador</li> <li>• 12hrs Diseñador</li> <li>• 12hrs Diseñador</li> <li>• 12hrs Diseñador</li> </ul>	<p>\$2,017.5</p> <p>\$2,017.5</p> <p>\$2,017.5</p> <p>\$4,035</p> <p>\$605.5</p> <p>\$605.5</p> <p>\$605.5</p>

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de modelos funcionales.</li> <li>• Redacción y conclusión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 120hrs Diseñador</li> <li>• 20hrs Diseñador</li> </ul>	\$6,052.5 \$1,009
		<b>Subtotal: \$18,958</b>
<b>Planos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1ª Etapa.</li> <li>• Correcciones.</li> <li>• 2ª Etapa.</li> <li>• Correcciones a partir del prototipo.</li> <li>• Estandarización.</li> <li>• 3ª Etapa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 160hrs Dibujante</li> <li>• 60hrs Diseñador y dibujante</li> <li>• 80hrs Dibujante</li> <li>• 120hrs Diseñador y dibujante</li> <li>• 80hrs Diseñador e Ing.</li> <li>• 60hrs Dibujante</li> </ul>	\$4,040 \$1,515 \$2,020 \$3,030 \$4,035 \$1,515
		<b>Subtotal: \$1,615</b>
<b>Elaboración del prototipo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar y comprar materiales.</li> <li>• Asesoría de producción.</li> <li>• Fabricación de prototipo.</li> <li>• Correcciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80hrs Almacenista.</li> <li>• 20hrs Ingeniero</li> <li>• 480hrs Operador de máquinas.</li> <li>• 160hrs Diseñador e Ing.</li> </ul>	\$2,020 \$1,009 \$19,368 \$8,070
		<b>Subtotal: \$30,467.5</b>
<b>Conclusión:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60hrs Diseñador</li> </ul>	\$3,026
<b>Bibliografía:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redacción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8hrs Secretaria</li> </ul>	\$80.5
<b>A) Diseño y documentación:</b>		<b>Total: \$153,325.5 (jornada laboral de 8hrs)</b>



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

<b>Gasto por concepto de materiales</b>		
<b>Materiales:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio en pesos</b>
Gasolina	500ltr	\$2,650.00
Solera de Aluminio de 1"x1/2"x1m	1.5Kg	\$61.00
Tubo de Aluminio IPS diam. int. 19.1mm	1.20 kg	\$65.65
Barra de Aluminio de diam. 1"	5kg	\$273.00
"O" Rings	Estuche EI	\$280.00
Tomillos allen de 1/8" x 1/2"	20	\$14.40
Tomillos de cabeza semi-esférica de 1/8 x 1/2"	8	\$6.00
Tomillos prisioneros allen de 1/8"x 1/2"	5	\$5.00
Tuercas y rondanas	12 para tornillos de 1/8"	\$6.00
Termo plásticos y tenno fijos	1kg fibra de vidrio, 100g de catalizador, 1ltr. de resina preacelerada, 1 lámina de estireno calibre 80, 100g de pigmento verde para colorear la resina, 1ltr. de gelcoat.	\$400.00
Hojas de papel	2cajas	\$90.00
Cable de acero forrado de vinilo	2m	\$40.00
Mangueras de polietileno 8mm diam.	3m	\$120.00
Funda y chicote de bicicleta	3m	\$119.00
Chaleco de neopreno	1	\$266.00
Muñequera de neopreno	1	\$80.00
Forro espumado gris	1mx1 1/2m	\$30.00
Cinta de velcro negra	1 1/2" x 1 m	\$60.00
Cinta de velcro autoaderible	3/4" x 1.5m	\$90.00
Frascos de KolaLoka de 2g	12	\$144.00
Bicarbonato de sodio	100g	\$20.00
Rellenador DuPont	4.25Kg	\$300.00
Latas de aerosol gris primario	2	\$41.00
Espátula de acero	1	\$3.00
Espátula de hule	1	\$3.00
Bulto de yeso	20kg	\$60.00
Barra de acrílico de 8mm diam.	2m	\$60.00
Cinta elástica blanca	1 1/2" x 1 m	\$10.00
Paquetes de platiloka	20	\$300.00
Lijas de agua n° 100	12	\$36.00
Lijas de agua n° 240	12	\$ 48.00
Lijas de agua n° 350	12	\$ 42.00
Lijas de agua n° 500	12	\$42.00
Cincho de nylon 140mm	100	\$23.00
Plaste	1/4 ltr.	\$ 10.50
Tinner	3 ltr.	\$15.00
Plastilina	2kg	\$60.00
Abate lenguas	40	\$20.00
Venda de yeso	2 paquetes	\$30.00
Rollo de alambre galvanizado	100g	\$5.00
Caucho de silicona	2 ltr	\$180.00
Brochas de 1/2"	2	\$30.00
Brochas de 1"	1	\$20.00
Pinceles rectos de 1/4"	2	\$40.00
Latas de pintura en aerosol	4	\$100.00
Estopa	2kg	\$20.00

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Jeringas de 5ml	6	\$12.00
Cinta doble cara de 1/2"	1	\$20.00
Líquido de frenos	1.05kg	\$60.00
Resortes de 7mm diam.x 1cm de largo x 0.5mm	4	\$48.00
Resortes de 1.2cm diam.x 2cm de largo x 0.5mm	2	\$10.00
Resortes de 1.8cm diam.x 39cm de largo 1.5mm	1	\$300.00
Tela de nylon mariner	1m	\$32.00
Herrajes	2 juegos	\$20.00
<b>B) Materiales:</b>		<b>Total: \$6568.5</b>

<b>Costo de producción de las piezas</b>		
<i>Piezas:</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio en pesos</i>
Válvulas antirretorno	4	\$4,600
Pistón cargador	1	\$3,300
Pistón Transmisor	1	\$4,485
Riel y brida	1	\$3,795
Válvulas de paso	2	\$6,440
Barra del brazo	1	\$3,810
Barra del antebrazo	1	\$3,300
Carro	1	\$3,300
Soportes del brazo	2	\$4,485
Caja del pistón cargador y recipiente	1	\$4,560
Control de la mano	2	\$4,600
<b>C) Prototipo</b>		<b>Total: \$30,495.0</b>

<b>Costo total general</b>	
<b>A) Diseño y Documentación</b>	\$153,325.5
<b>B) Materiales</b>	\$6,568.5
<b>C) Prototipo</b>	\$30,495.0
<b>Total: \$ 190,389.0</b>	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## VIII. CONCLUSIÓN

### VIII Conclusión

El elaborar un prototipo para comprobar de qué manera éste satisface los objetivos planteados en la tesis, ha sido de gran valor informativo no solo por el hecho de ofrecer una evaluación de lo planteado teóricamente sino porque ha permitido realizar nuevos y mejores diseños apoyados en resultados reales que permiten aprovechar los aspectos positivos del prototipo y mejorar o desechar los negativos.

El prototipo, en el estado en que se encuentra, no cumple satisfactoriamente el objetivo primordial del dispositivo deseado que es el de disminuir la fatiga de los músculos flexores de los brazos, en el momento de realizar trabajos en los cuales éstos tienen un papel importante como en el levantar o jalar objetos. Sin embargo esto se debe a problemas técnicos y no a problemas de concepción del diseño y sus subsistemas. Lo anterior quedó demostrado cuando al ser probado el dispositivo este se flexionó de la misma manera que se flexiona el brazo pero ejerciendo una fuerza que apenas servía para levantar la parte del mismo que actúa sobre el antebrazo de la persona.

Existen dos causas principales técnicas, que impiden alcanzar el objetivo y son las siguientes:

- El resorte utilizado ejerce una fuerza por debajo de la de la necesaria especificada en los cálculos estáticos. Se usó este resorte porque no se encontró uno con las características deseadas y porque de encontrarlo se le debería comprimir ejerciendo con las manos, una fuerza de 45 Kg para que este entrara en el pistón almacenador.
- La existencia de fugas en las conexiones de las mangueras así como en un pistón cargador.

De lo anterior se puede observar que sobre el prototipo ya elaborado, los dos desperfectos técnicos pueden ser corregidos con relativa sencillez si se utiliza un resorte con las características buscadas así como un dispositivo para comprimirlo dentro del pistón almacenador y, por otro lado, si se cambian las conexiones de las mangueras por unas de tipo de inserción externa asegurada por rosca.

A continuación se muestra en qué aspectos este prototipo cumplió o no con el perfil del producto y posteriormente se detallan las causas que no permitieron que el dispositivo llenara los requisitos buscados. Finalmente se mencionan de manera general posibles modificaciones para mejorar el diseño y se hace un comentario final sobre el trabajo realizado.

<b>Características de:</b>	<b>Diseño G (prototipo)</b>
<p>X = no cumple, Si = cumple, +/- = en cierta medida</p>	
<p><b>Uso:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este dispositivo deberá poder funcionar tanto en ambientes externos como internos.</li> <li>• En caso de que se use energía eléctrica, esta servirá solo para controlar las válvulas del dispositivo.</li> <li>• El dispositivo se deberá poder ajustar a las diferentes anatomías corporales.</li> <li>• Los controladores estarán en la mano y donde menos estorben el funcionamiento de la misma.</li> <li>• El dispositivo deberá poder soportar los golpes físicos que una persona pueda recibir comúnmente.</li> <li>• El dispositivo no deberá manchar al usuario.</li> <li>• No se deberán hacer más de 15 flexiones del brazo para "cargar" (almacenar la energía en el resorte) al dispositivo que ejercerá el trabajo necesario para levantar una carga de 12 Kg.</li> <li>• La fuerza que ejerza el brazo para "cargar" el dispositivo no deberá ser superior a 1.5 kg.</li> <li>• El movimiento del dispositivo podrá ser detenido a voluntad.</li> <li>• El movimiento del brazo no deberá ser impedido por el dispositivo en ningún momento.</li> <li>• El dispositivo no se deberá trabar en ninguna posición.</li> <li>• No deberá haber juego entre el movimiento del brazo y el del aparato.</li> <li>• El dispositivo no deberá caerse del brazo.</li> <li>• El dispositivo deberá poderse instalar en un máximo de cuatro pasos.</li> </ul>	<p>Si</p> <p>No usa electricidad</p> <p>X</p> <p>Si</p> <p>+/-</p> <p>+/-</p> <p>X</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>X</p> <p>X</p>
<p><b>Relación hombre-objeto:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El dispositivo no deberá poder levantar cargas superiores a 11.5kg en cada brazo.</li> <li>• Las partes metálicas del dispositivo que pudieran entrar en contacto directo con la persona deberán estar aisladas, tanto térmicamente como eléctricamente.</li> <li>• El aparato no deberá tener filos o partes que puedan lacerar al usuario.</li> <li>• El aparato será utilizado por personas de sexo masculino entre los percentiles 20 y 80 y de sexo femenino entre los percentiles 97 y 99.5, correspondientes a las longitudes de la parte superior del brazo, antebrazo y antebrazo-metacarpianos.</li> <li>• El dispositivo se deberá ajustar sobre las zonas que tienen más tejidos musculares.</li> <li>• Las áreas del dispositivo que apliquen fuerza al brazo de la persona deberán tener, como mínimo, una superficie de 37.5 cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Los posibles elementos que sujeten el aparato al brazo de la persona no deberán ejercer una presión superior a 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Las partes del aparato que puedan estar en contacto con la piel deberán ser de materiales que tengan un coeficiente de radiación térmica inferior o igual al de la piel, como pueden ser los textiles o los plásticos.</li> <li>• Los materiales del dispositivo que estén en contacto con la piel deberán ser aquellos que sean conocidos por los pocos o ningunos casos de alergia que puedan producir. Un material ideal a utilizar sería el algodón.</li> <li>• El eje sobre el cual se flexiona el dispositivo deberá ser el mismo que el de la articulación del codo.</li> <li>• El dispositivo no deberá impedir, de alguna manera, el movimiento normal del brazo.</li> </ul>	<p>Si</p> <p>+/-</p> <p>+/-</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>+/-</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p>
<p><b>Estéticas:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las partes mecánicas del dispositivo deberán reflejar los conceptos de calidad y futurismo.</li> <li>• Las partes que estén en contacto con el brazo de la persona deberán reflejar el concepto adaptabilidad y comodidad.</li> <li>• Las partes móviles del dispositivo deberán reflejar audacia y dinamismo.</li> <li>• Las partes que controlen el dispositivo deberán reflejar inteligencia.</li> <li>• La totalidad del dispositivo deberá reflejar ligereza e innovación.</li> </ul>	<p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p>
<p><b>Producción:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición en arena o yeso.</li> <li>• Utilización de máquinas herramientas.</li> <li>• Termoformado.</li> <li>• Utilización de resinas y fibras.</li> </ul>	<p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p> <p>Si</p>

### **Especificación de fallos y posibles soluciones:**

#### *Fallos y posibles soluciones en las características de uso:*

- El dispositivo no se ajusta a todas las anatomías debido a que las partes de éste que se acoplan al brazo y antebrazo para ejercer fuerza sobre estos están hechas en fibra de vidrio. Dado que estas partes del dispositivo son hasta cierto punto "una copia" de mi brazo y antebrazo, el dispositivo sólo se acopla a personas con una anatomía de brazos y antebrazos similar a la mía.

*Solución:* Se puede usar una mezcla de materiales rígidos y flexibles más no elásticos, como puede ser la fibra de vidrio y alguna tela la cual podría por medio de herrajes, modificar las dimensiones de las partes del dispositivo que se acoplan al brazo.

- No todas las partes del dispositivo soportan los golpes físicos que una persona pueda recibir comúnmente. Estas partes son: el recipiente que contiene el pistón cargador, fluido hidráulico y válvulas voluntarias, así como los pistones cargadores que están al costado externo del brazo. El recipiente está hecho de poliestireno termoformado de calibre ochenta y está compuesto por cuatro piezas; dos pares separados unidos por la mitad cada uno y éstos unidos por medio de tornillos. Los pistones cargadores tienen un vástago de un diámetro de cinco milímetros, están hechos de aluminio y no tienen una estructura externa que los proteja de algún golpe fuerte.

*Solución:* El recipiente puede ser elaborado a base de fibra de vidrio o de algún plástico de ingeniería o bien puede tener una estructura mas rígida como puede ser el uso de acanaladuras. El vástago puede ser de un material mas resistente a los golpes como puede ser el duraluminio el acero inoxidable, el titanio o incluso algún plástico de ingeniería.

- Algunas de las partes del dispositivo pueden llegar a manchar al usuario. Tal es el caso de los rieles guías que van colocados al lado del brazo y que necesitan estar engrasados. Estos rieles no tienen ninguna clase protección o aislamiento para evitar que el usuario se manche con la grasa. Otra de las partes son las conexiones de las mangueras hidráulicas con los pistones cargadores y con las válvulas de paso; en caso de existir alguna fuga en estas conexiones, el usuario se mancharía.

*Solución:* Se puede utilizar algún envolvente de plástico o cuero que vaya unido al carro que se mueve sobre los rieles así como a las piezas que contienen los rieles y que tengan la suficiente cantidad de material para no impedir el movimiento del hombro. Por otra parte se deben utilizar

conexiones que no permitan ninguna fuga y que no se puedan desconectar con algún tipo de fuerza externa que actúe sobre las mangueras. Estas conexiones pueden ser del tipo de inserción externa asegurada por rosca.

- Es necesario hacer más de quince flexiones del brazo debido a que los pistones cargadores por motivos de construcción y diseño no tienen la carrera suficiente para llenar el pistón transmisor en el número de flexiones deseadas.

**Solución:** La forma y construcción de los pistones cargadores debe ser modificada, de manera que la carrera de éste sea la necesaria para llenar el pistón almacenador en las flexiones y extensiones del brazo deseadas.

- En algunas ocasiones el dispositivo llega a deslizarse por el brazo. Esto se debe a que la superficie de las cintas elásticas que lo detienen no es lo suficientemente grande como para evitar este problema.

**Solución:** La superficie de las cintas elásticas que sujetan al dispositivo a la persona debe ser mayor en por lo menos una tercera parte de las ya existentes.

- El dispositivo se coloca en seis pasos:
  1. Se coloca el recipiente en la espalda.
  2. Se acomoda el aparato en el brazo.
  3. Se pone un tope para evitar que el carrito que va sobre los rieles guías se mueva de su posición ideal, al momento de tensar la cinta elástica del brazo.
  4. Se ajusta la cinta elástica del brazo.
  5. Se ajusta la cinta elástica del antebrazo.
  6. Se quita el tope mencionado en el inciso tres.

**Solución:** No se visualiza una colocación del dispositivo en menos pasos que los antes mencionados excepto en el caso de que las cintas del brazo y antebrazo se ajustaran al mismo tiempo por medio de algún sistema neumático que sería, sin embargo, poco práctico porque aumentaría la cantidad de partes del dispositivo así como su complejidad y tamaño.

#### Fallos en las características de relación hombre-objeto.

- La parte de los rieles guías no está apropiadamente aislada eléctricamente así como el eje de unión del dispositivo que representa la articulación del codo.

**Solución:** Una manera para eliminar cualquier problema respecto al aislamiento eléctrico sería elaborar las piezas que están o pueden llegar a estar en contacto con la piel del usuario a base de algún plástico de

ingeniería con injertos metálicos en las partes donde debe haber menos fricción. Otra solución sería pegar películas de plástico a las partes ya mencionadas.

- El aparato pellizca la piel cuando se tensan las cintas elásticas.

*Solución:* En las partes donde se pellizca la piel se deben hacer los cantos curvos.

- Los anillos que sirven para controlar tanto al pistón almacenador como al pistón transmisor son de aluminio, material que tiene un coeficiente de radiación térmica superior al de la piel. Sin embargo la superficie de éstos que queda en contacto con la piel es relativamente pequeña (4 cm<sup>2</sup> aproximadamente).

### **Modificaciones generales para mejorar el diseño.**

Tomando en cuenta los fallos antes mencionados y aprovechando los aciertos, se puede elaborar un nuevo diseño utilizando el mismo principio básico que se observa en el prototipo realizado.

Una solución para evitar problemas de movilidad y de resistencia al maltrato físico así como de fugas que manchen al usuario, sería la de concentrar todos los dispositivos hidráulicos en un recipiente de fibra de vidrio o de algún otro material plástico resistente a impactos, y que la transmisión de esfuerzos realizados por el humano y por el aparato se realizase por medio de chicotes que son más flexibles y menos estorbosos que las mangueras.

Otro diseño quizás más útil sería uno en el cual se aprovechara el movimiento que se hace al caminar para llenar uno o varios pistones almacenadores de energía y posteriormente aplicar esta fuerza almacenada al antebrazo de la persona. La ventaja que tendría este diseño es que la transmisión de la fuerza almacenada al antebrazo podría hacerse con mayor frecuencia y con menor sensación de fatiga, ya que las piernas tienen mayor resistencia a trabajos prolongados y además pueden ejercer más fuerza.

### **Comentario final**

La elaboración de esta tesis permite sentar las bases para elaborar nuevos y mejores dispositivos que sirvan de ayuda a cualquier persona que necesite disminuir la fatiga de sus músculos al momento de realizar trabajos físicos o a aquellas que necesiten recuperar la capacidad de desarrollar estos trabajos y que la hayan perdido por algún motivo de salud o de edad.

El proceso que se siguió en la elaboración de este trabajo experimental así como las conclusiones que se obtuvieron pueden ser de utilidad para otros investigadores que deseen desarrollar un dispositivo similar o mejorar este.



Para llegar al resultado actual del dispositivo fue necesario un trabajo multidisciplinario en el cual intervinieron un médico, un ingeniero mecánico, un físico y un diseñador industrial. Esta colaboración fue muy valiosa para conocer las limitantes y posibilidades del diseño del dispositivo y fue de gran utilidad didáctica.

En las siguientes páginas se muestran las imágenes del prototipo obtenido.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Isaac Jiménez

Prototipo



JESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Imágenes*

**Prototipo**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

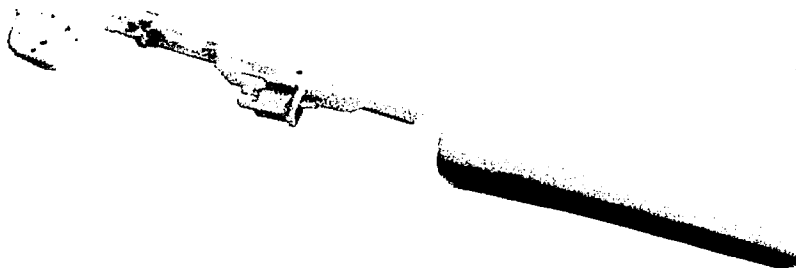
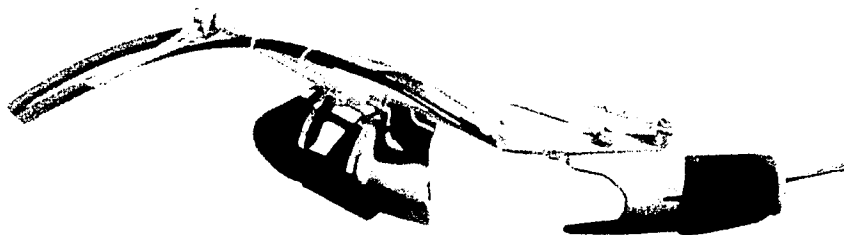
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Prototipo



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Prototipo



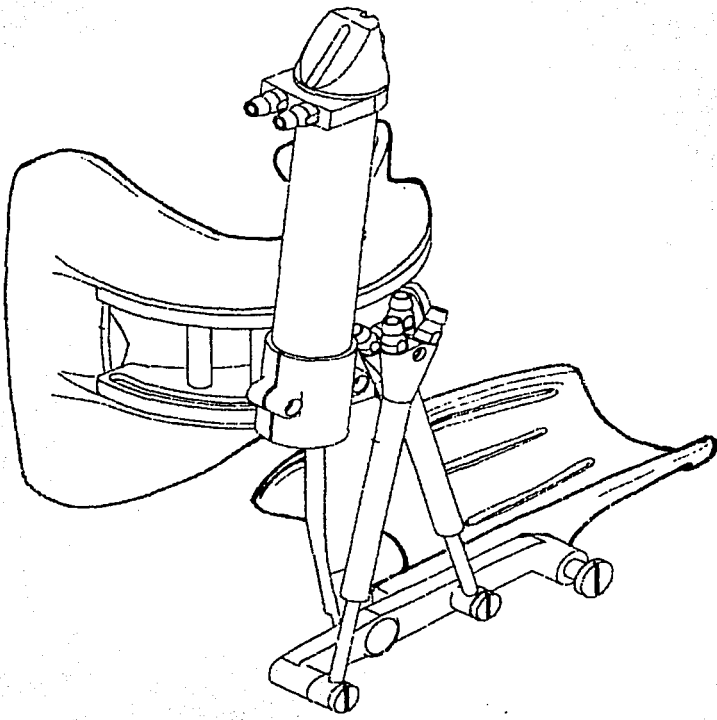
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN


## IX. PLANOS

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1	2	3	4
RevNo	Notas		Fecha
			Firma
			Rev





Pza.	Cant: 1	Material:	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
			Fecha 25/04/01
			Escala
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Subensamble 1 y apoyos para el brazo	
			mm
			Hoja 1/53

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1	2	3	4	
RevNo	Notas		Fecha	Firma Rev
Pzo.	Cant: 1	Material:	Papel A4	
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo	Fecha 25/04/01
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Explosivo del subensamble 1 y de los apoyos para el brazo	
				mm Hoja 2 / 53



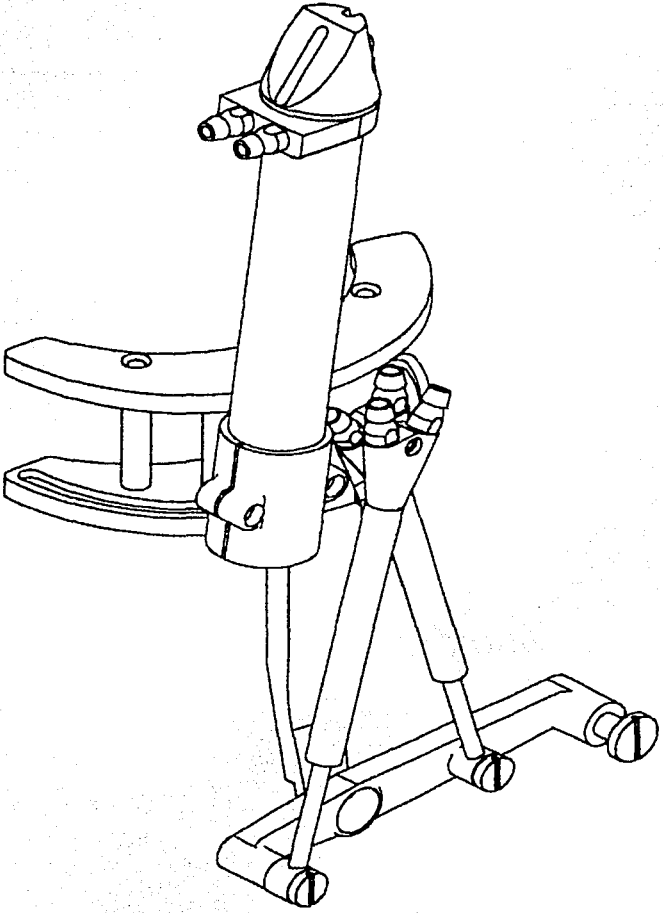
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma Rev
			
Pza	Cant. 1	Material.	
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S	Papel A4
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Archivo	Fecha
		Escala	
		Recipiente del pistón almacenador y del fluido hidráulico	
			mm Haja 3/53

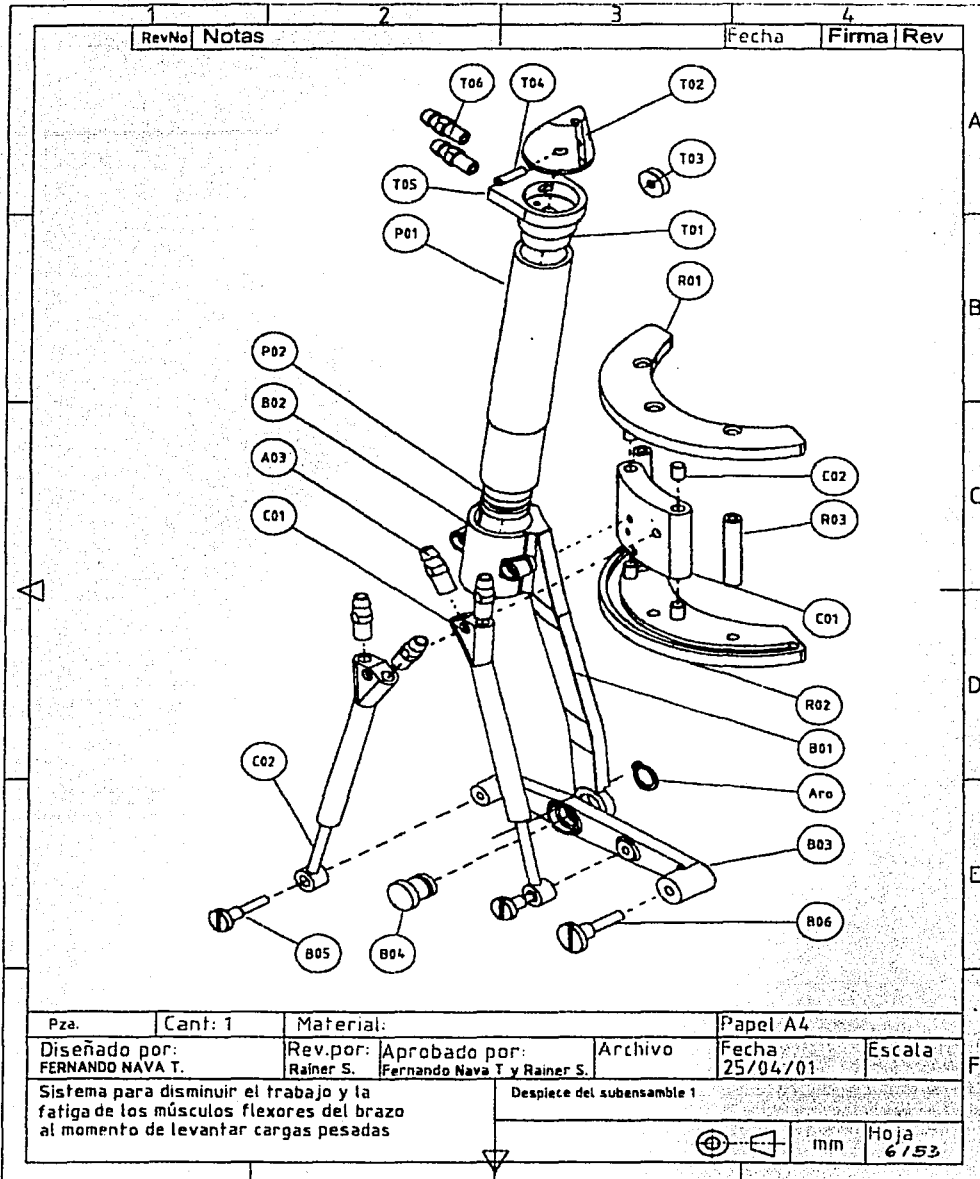
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1	2	3	4	
RevNo	Notas		Fecha	Firma Rev
Pza	Cant: 1	Material	Papel A4	
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev por: Rainer S	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo	Fecha 25/04/01
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Despiece del recipiente del pistón almacenador y del fluido hidráulico	
				mm Hoja 4/53

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma Rev
			
Pza.	Cant: 1	Material:	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Fecha 25/04/01	Escala 1:1
		Subensamble 1	
		mm	Hoja 5/53

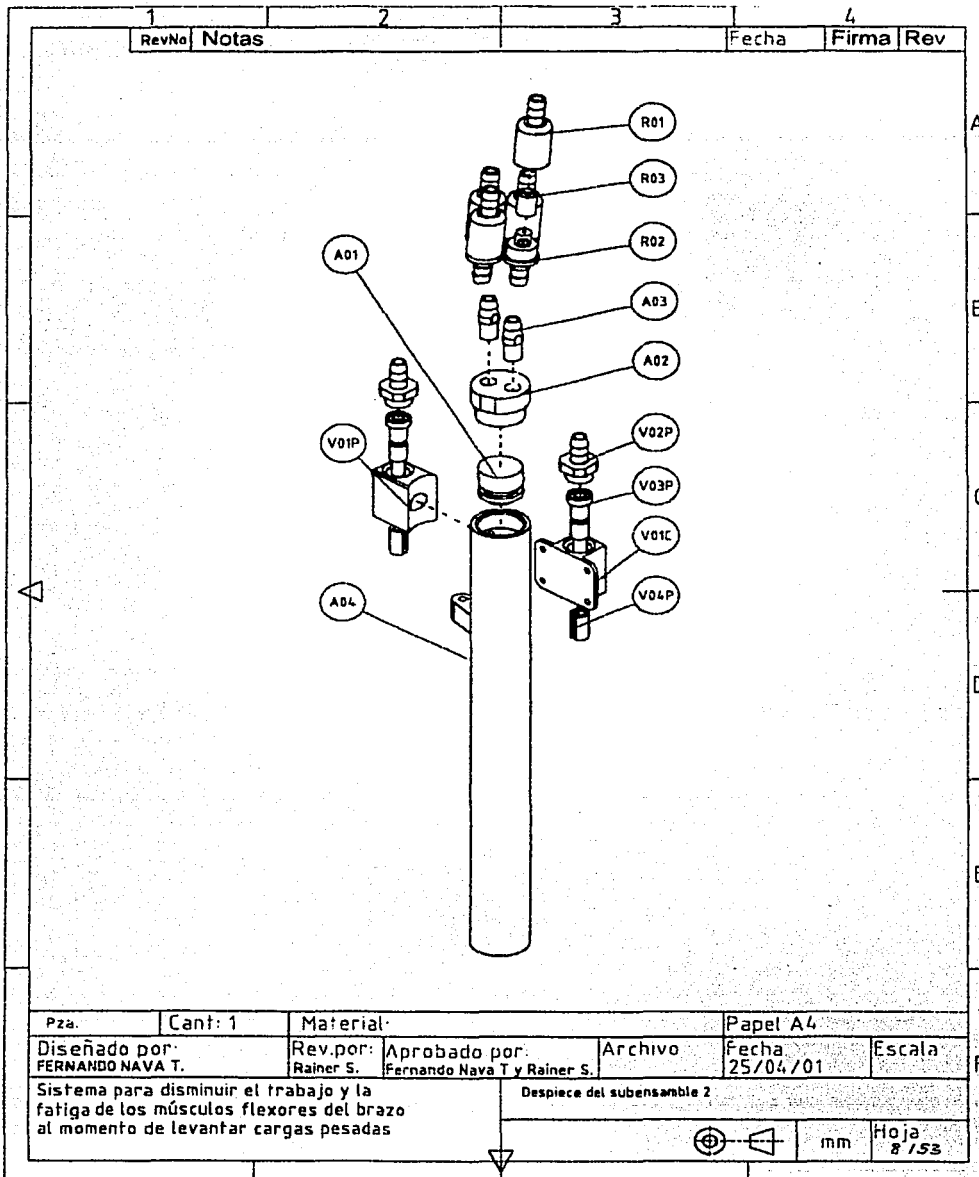
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



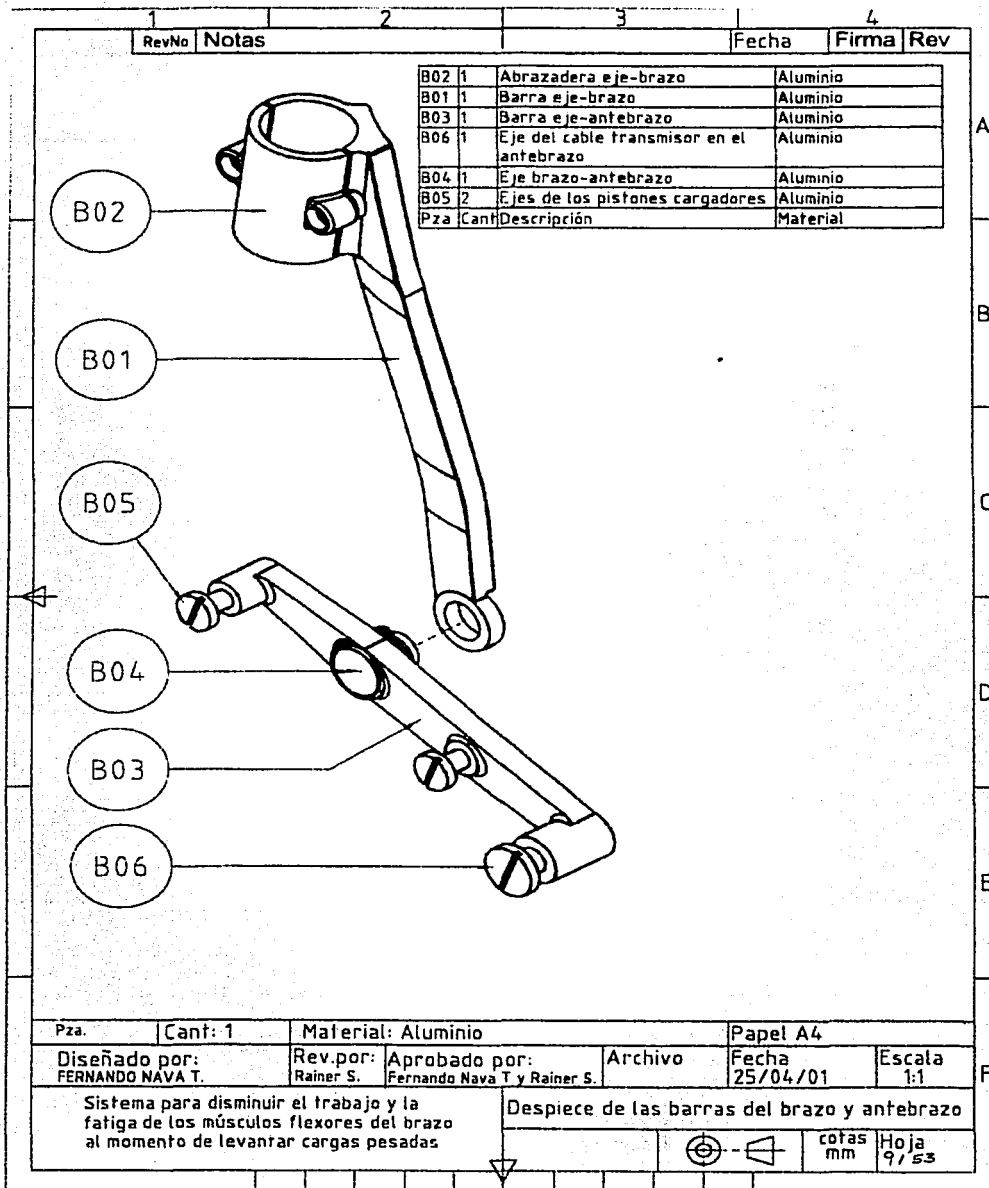
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1		2		3		4	
RevNo	Notas			Fecha	Firma	Rev	
Pza.	Cant: 1	Material:			Papel: A4		
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.		Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.		Archivo	Fecha 25/04/01	Escala
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas					Subensamble 2		
						mm	Hoja 7/53

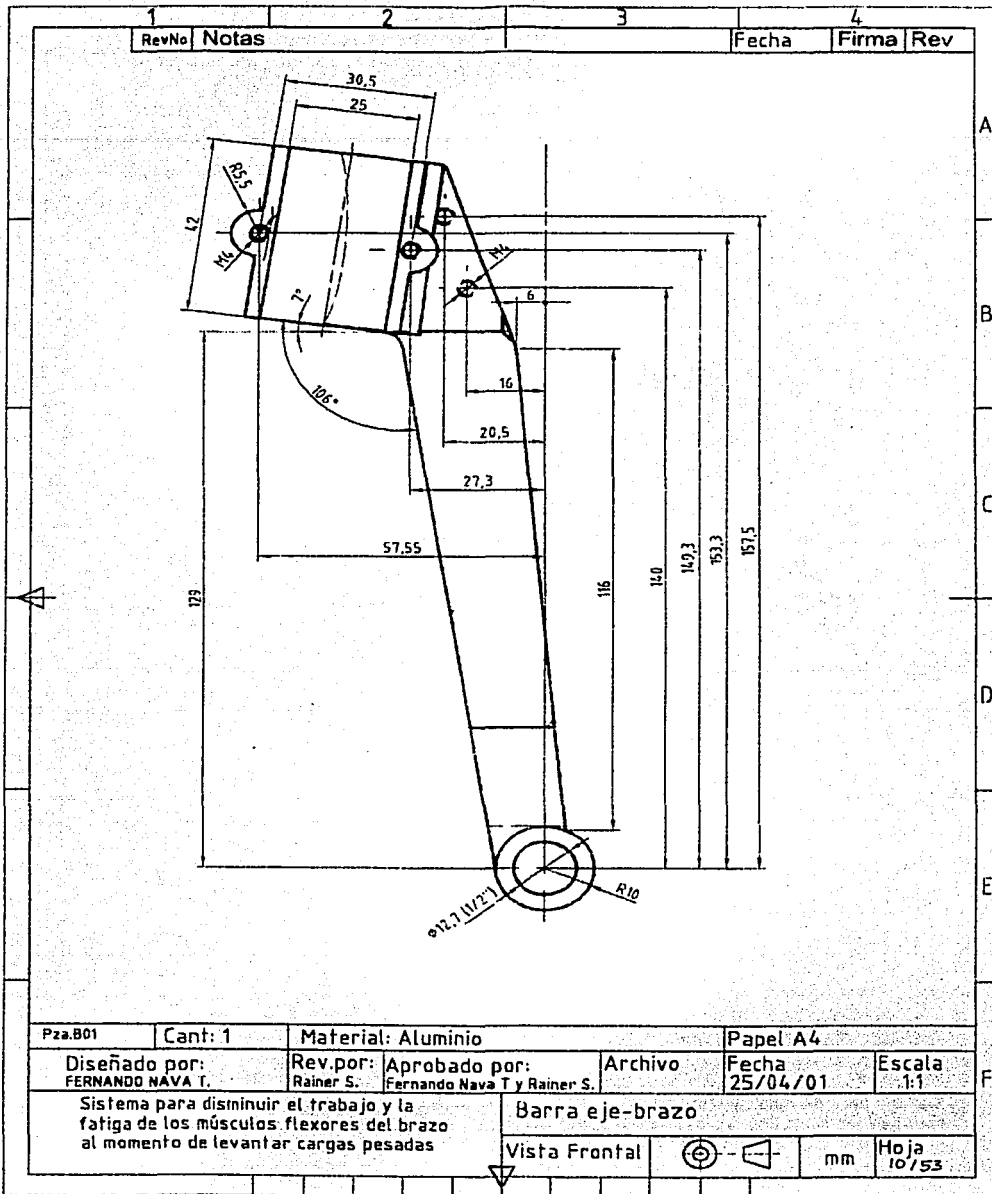
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



**TESIS CON  
FALLA DE OXIGEN**

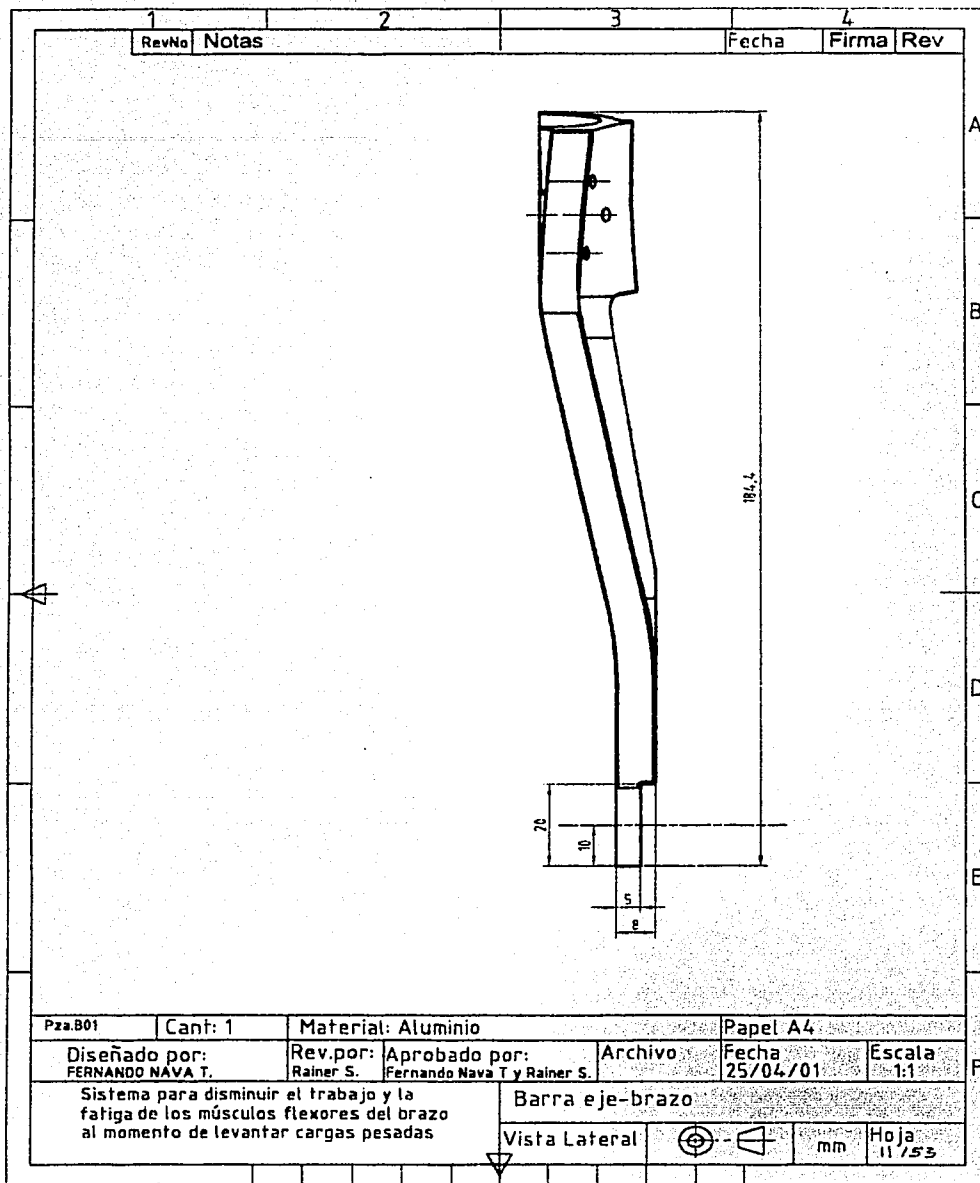


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

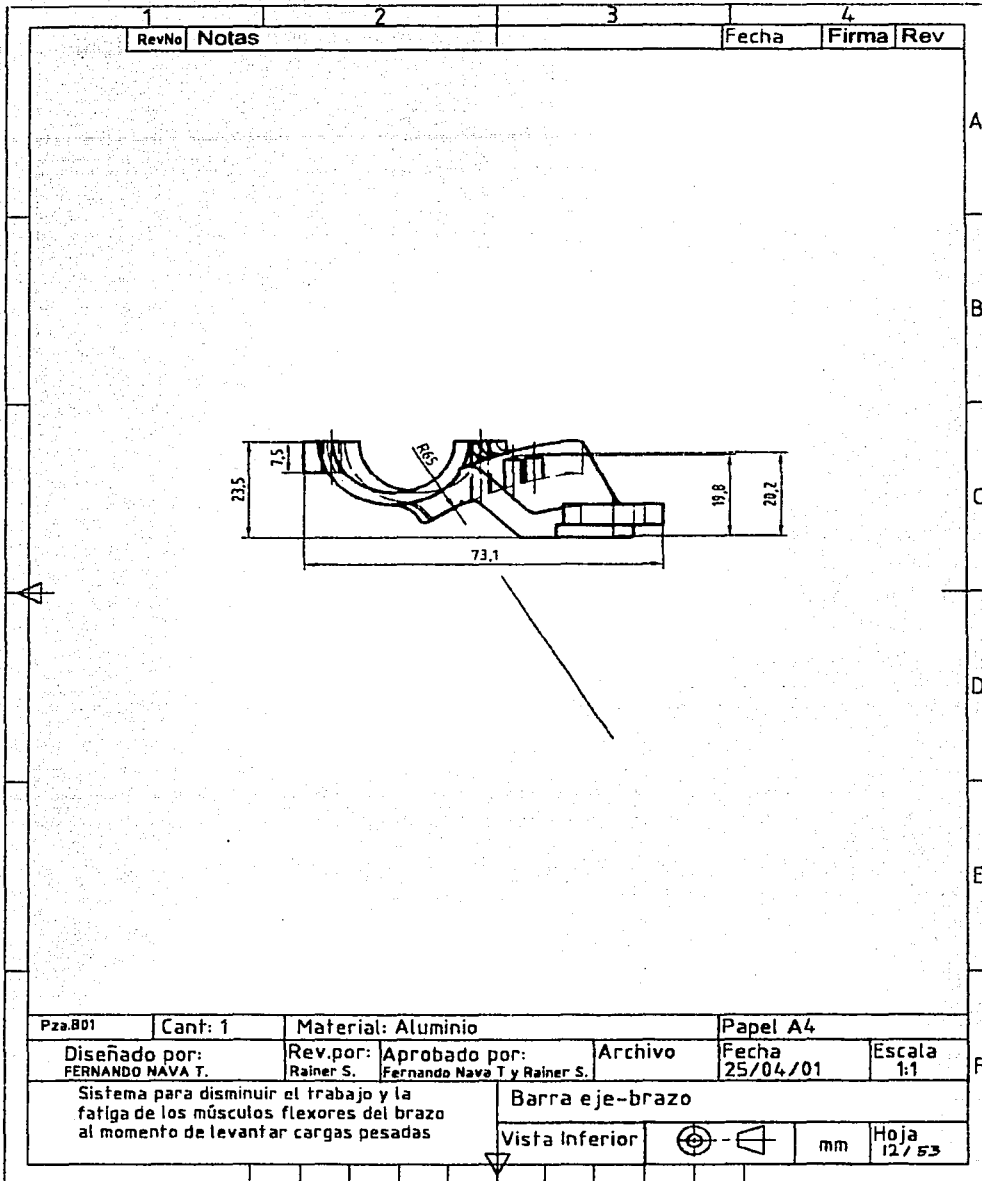




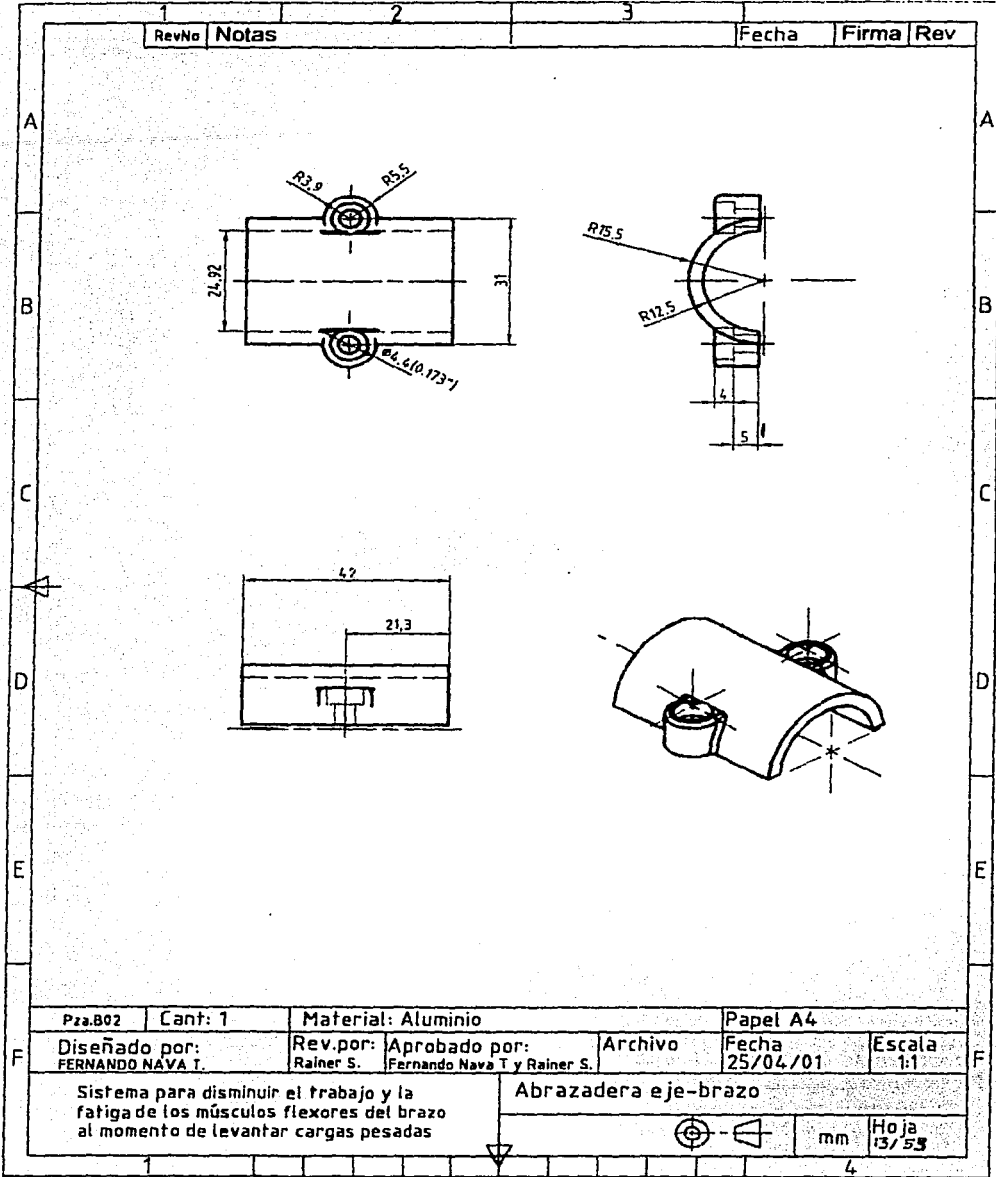
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



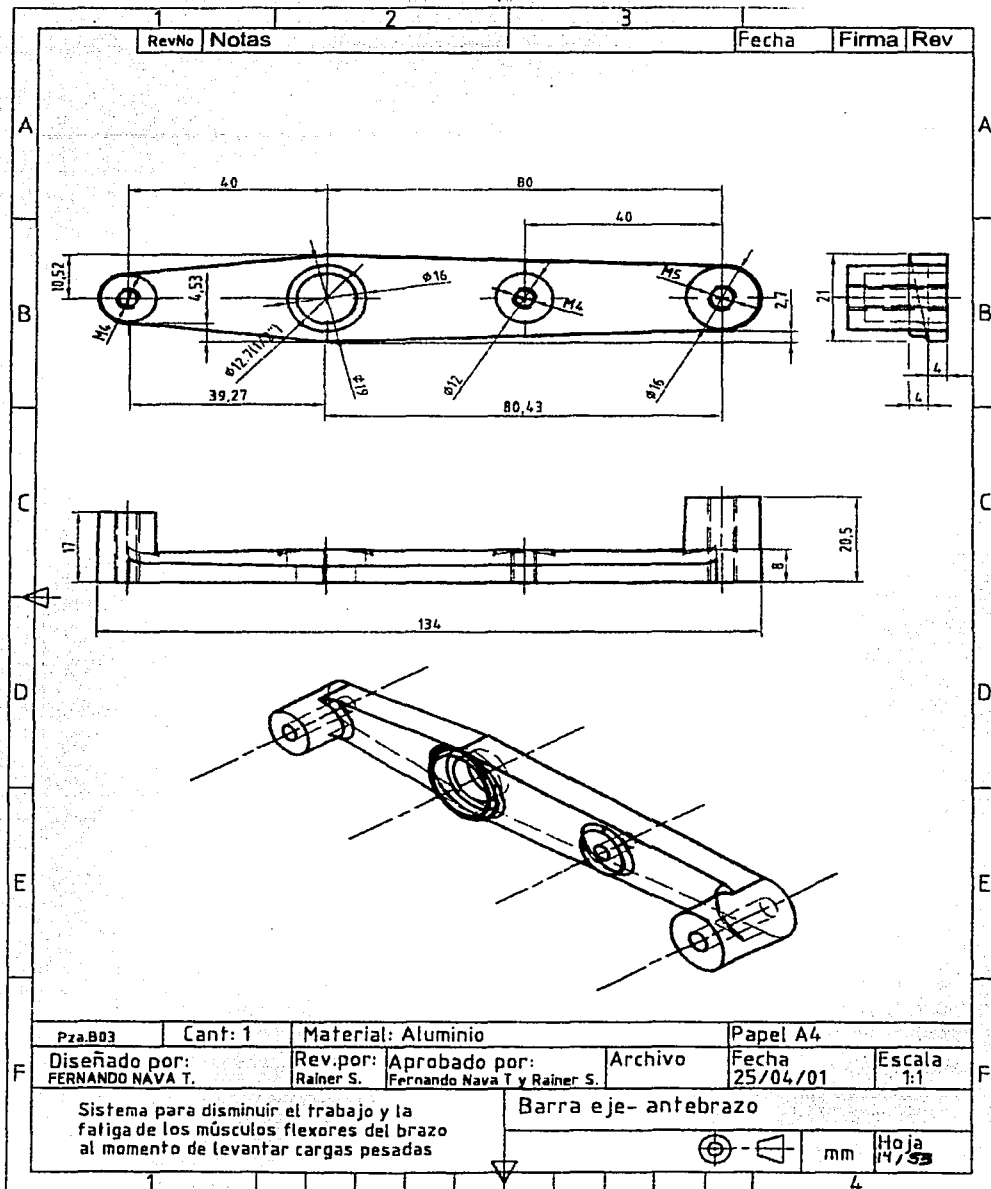
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



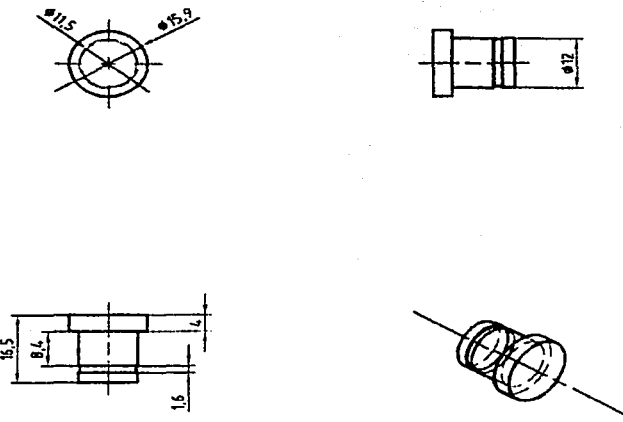
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

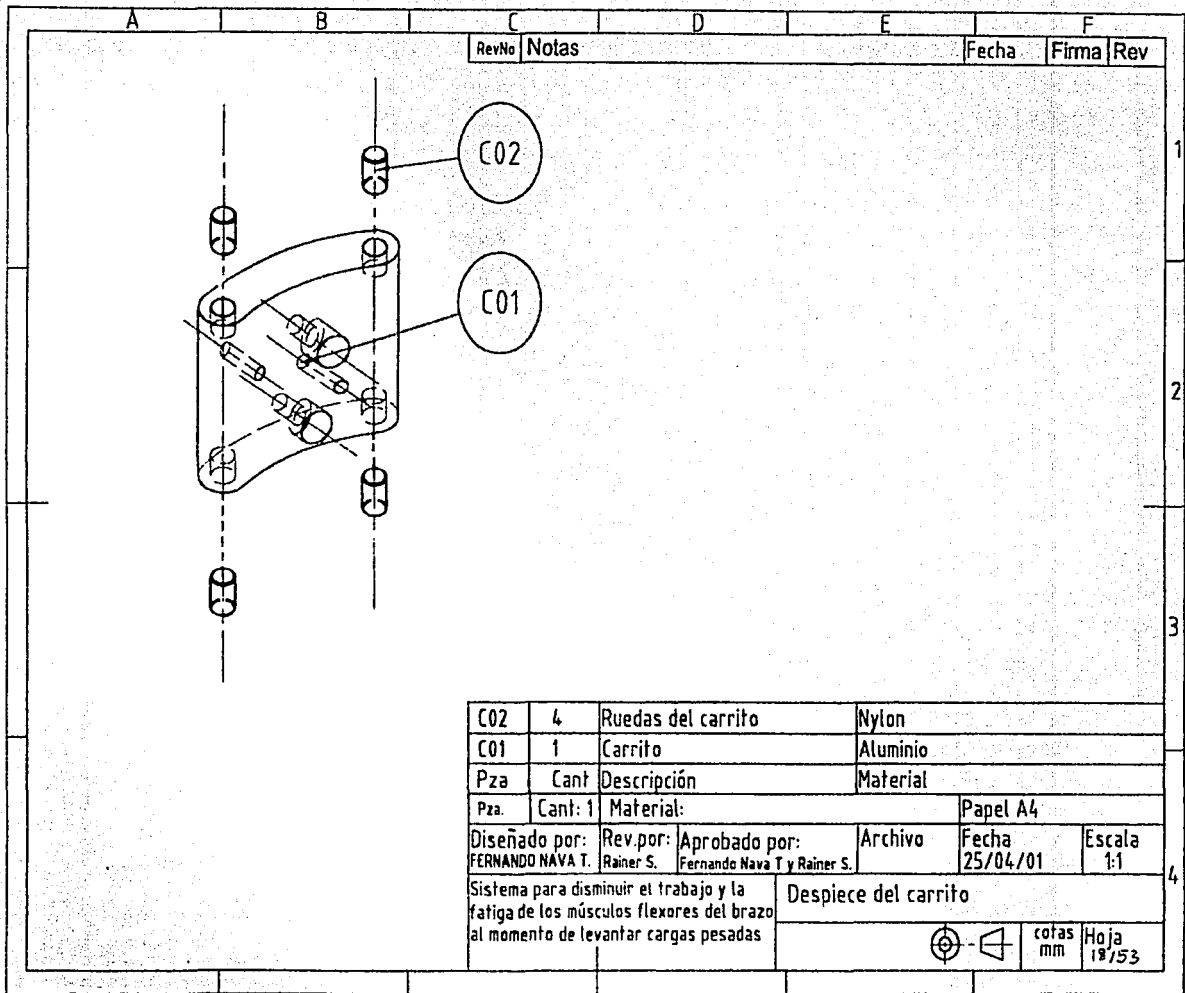
	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma Rev
			
Pza.B04	Cant: 1	Material: Aluminio	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev.por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Fecha: 25/04/01
Escala 1:1		Eje, brazo-antebrazo	
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		cotas mm Hoja 15/53	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

1		2		3		4	
RevNo	Notas			Fecha	Firma	Rev	
Pza. B06	Cant: 1	Material: Aluminio			Papel A4		
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.		Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.		Archivo	Fecha 25/04/01	Escala 1:1
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas					Eje del cable: transmisor en el ante-barazo.		
							Hoja 16/53

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

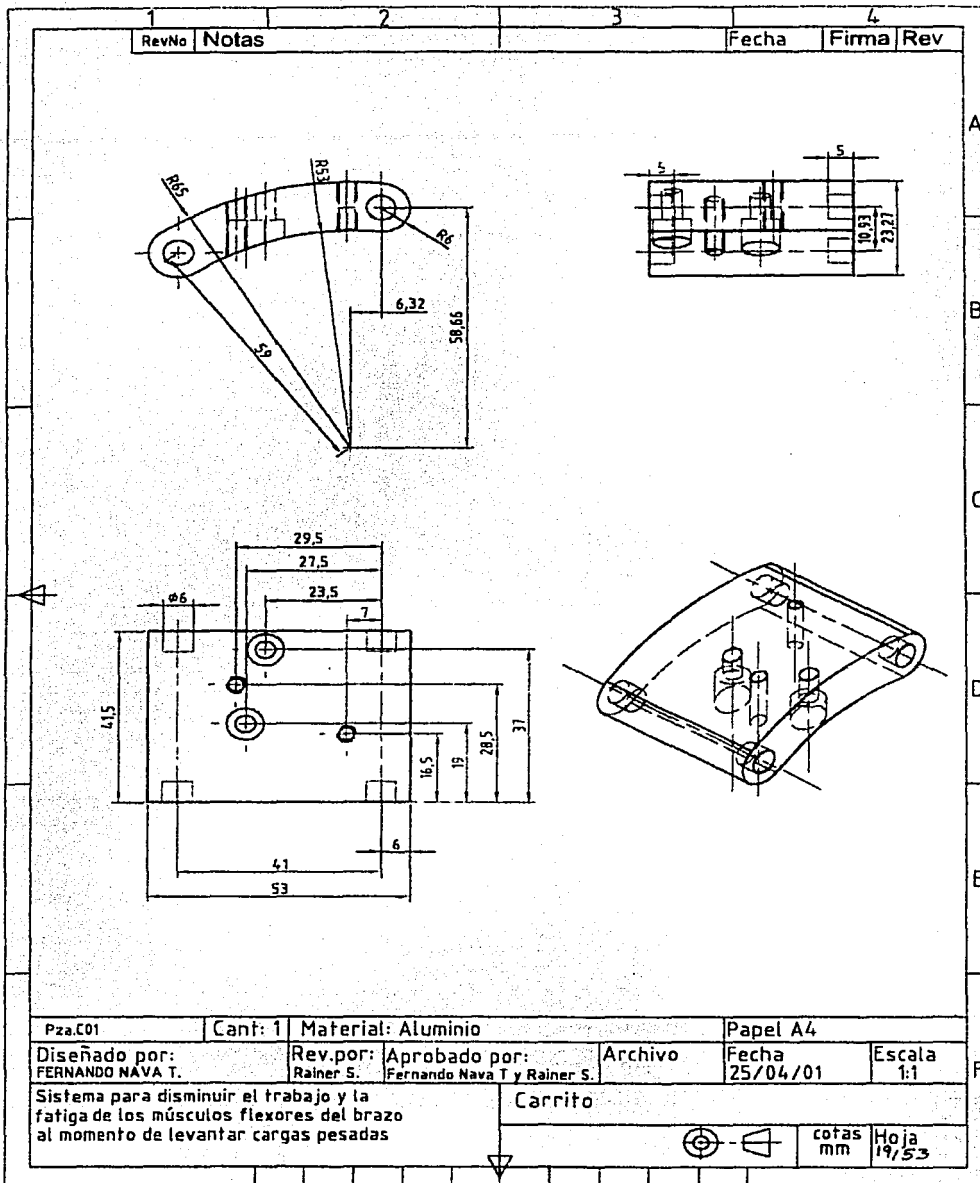
1		2		3		4	
RevNo	Notas			Fecha	Firma	Rev	
Pza. 805		Cant: 2		Material: Aluminio		Papel A4	
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.		Rev. por: Rainer S.		Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.		Archivo	Fecha 25/04/01
Escala 1:1		Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas					
Ejes de los pistones cargadores de la barra del antebrazo							
						coras mm Hoja 17/53	



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



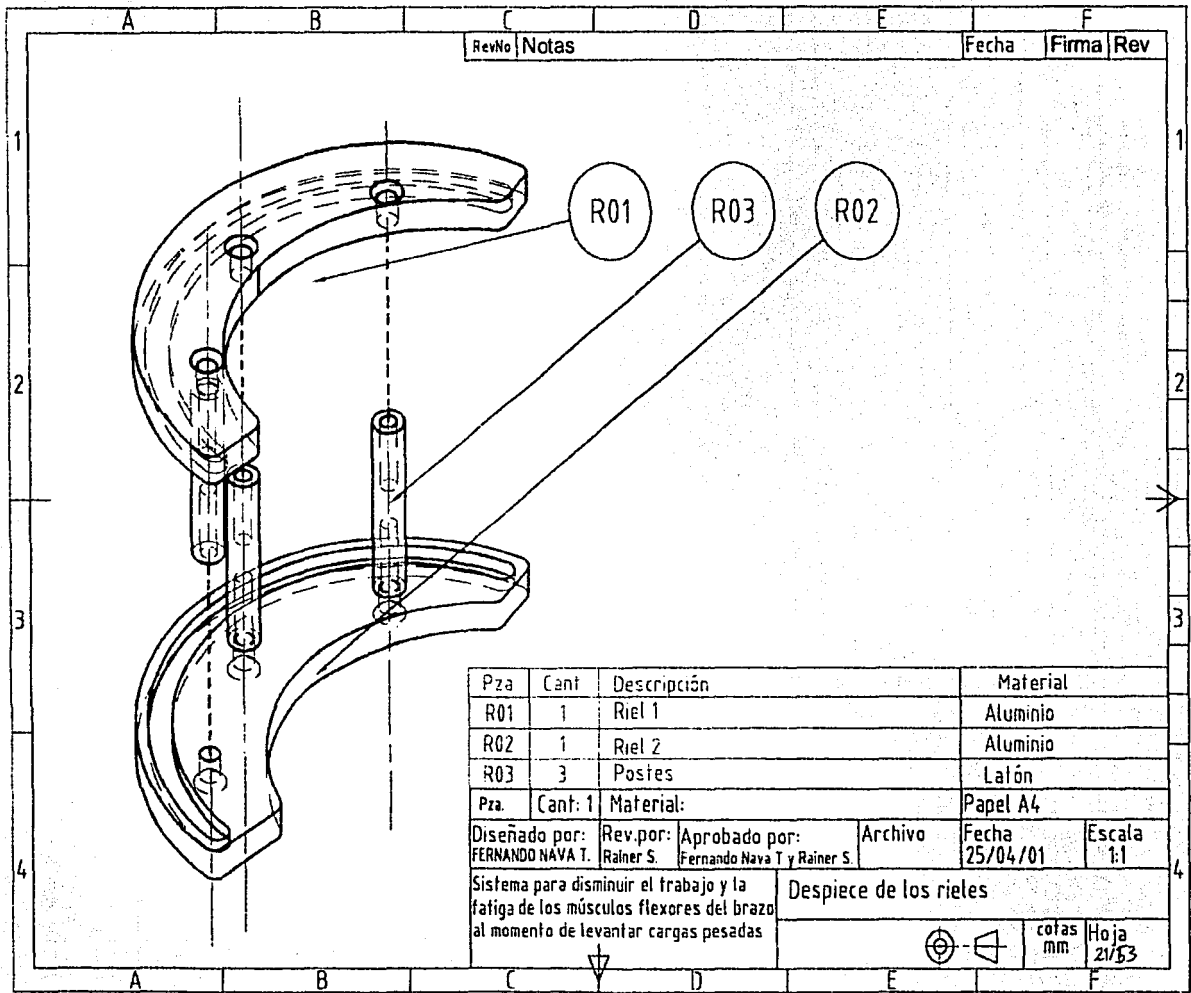
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

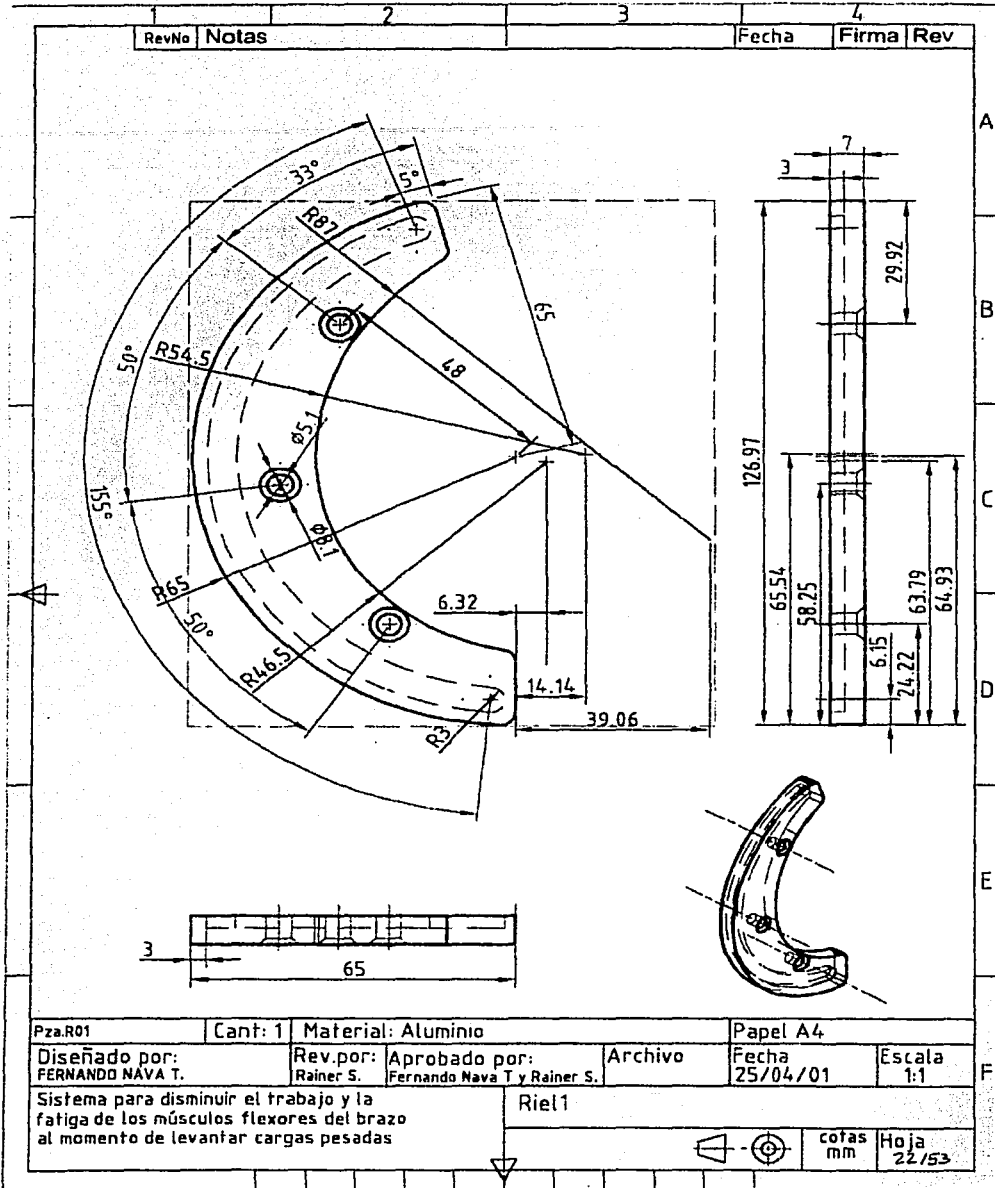
1	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma Rev
Pza.C02	Cant: 4	Material: Nylon	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
Fecha 25/04/01		Escala 4:1	
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Ruedas del carrito	
		cotas mm	Hoja 20/53

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

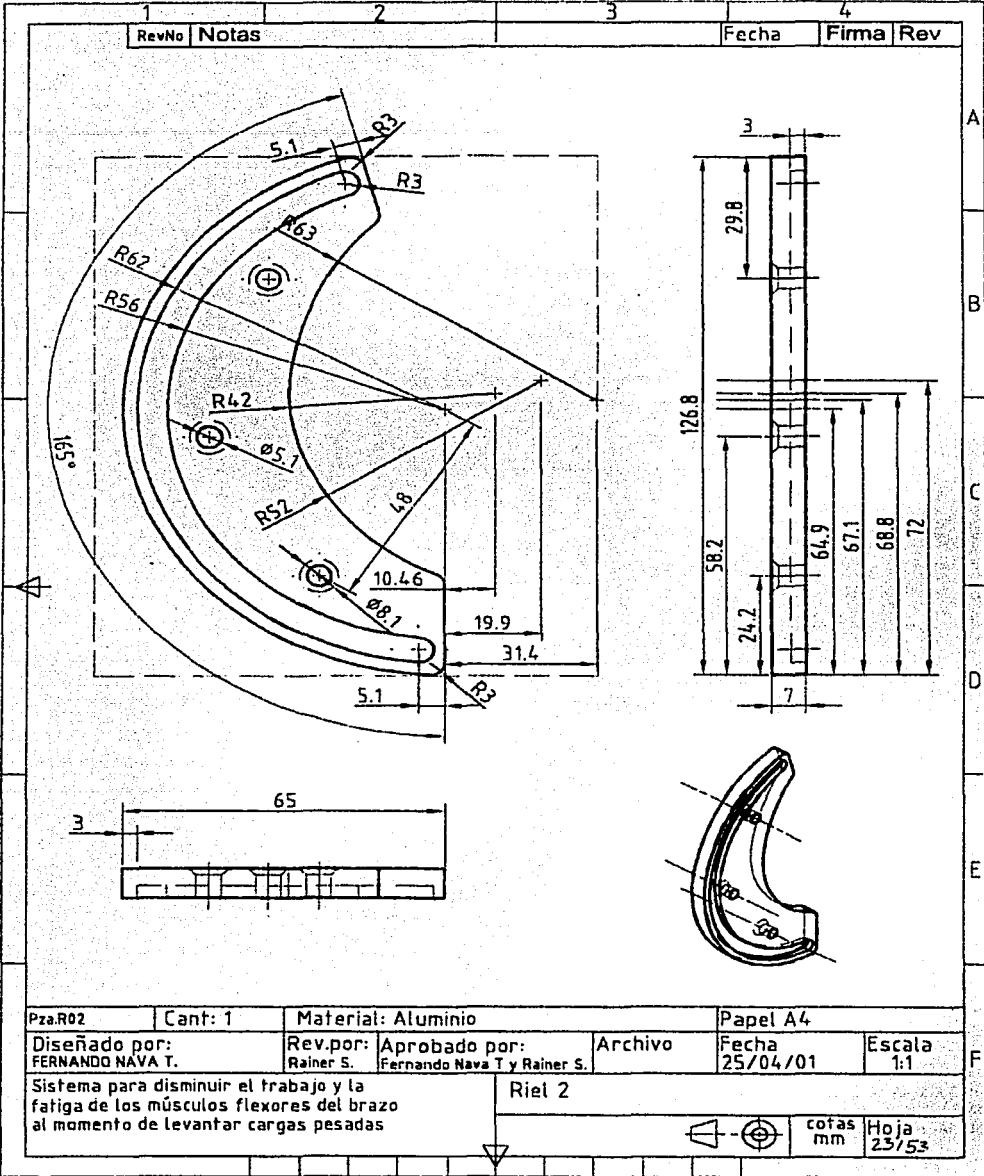


Pza	Cant	Descripción	Material		
R01	1	Riel 1	Aluminio		
R02	1	Riel 2	Aluminio		
R03	3	Postes	Lalón		
Pza.	Cant: 1	Material:	Papel A4		
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo	Fecha 25/04/01	Escala 1:1
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Despiece de los rieles		
			  cotas mm Hoja 21/53		

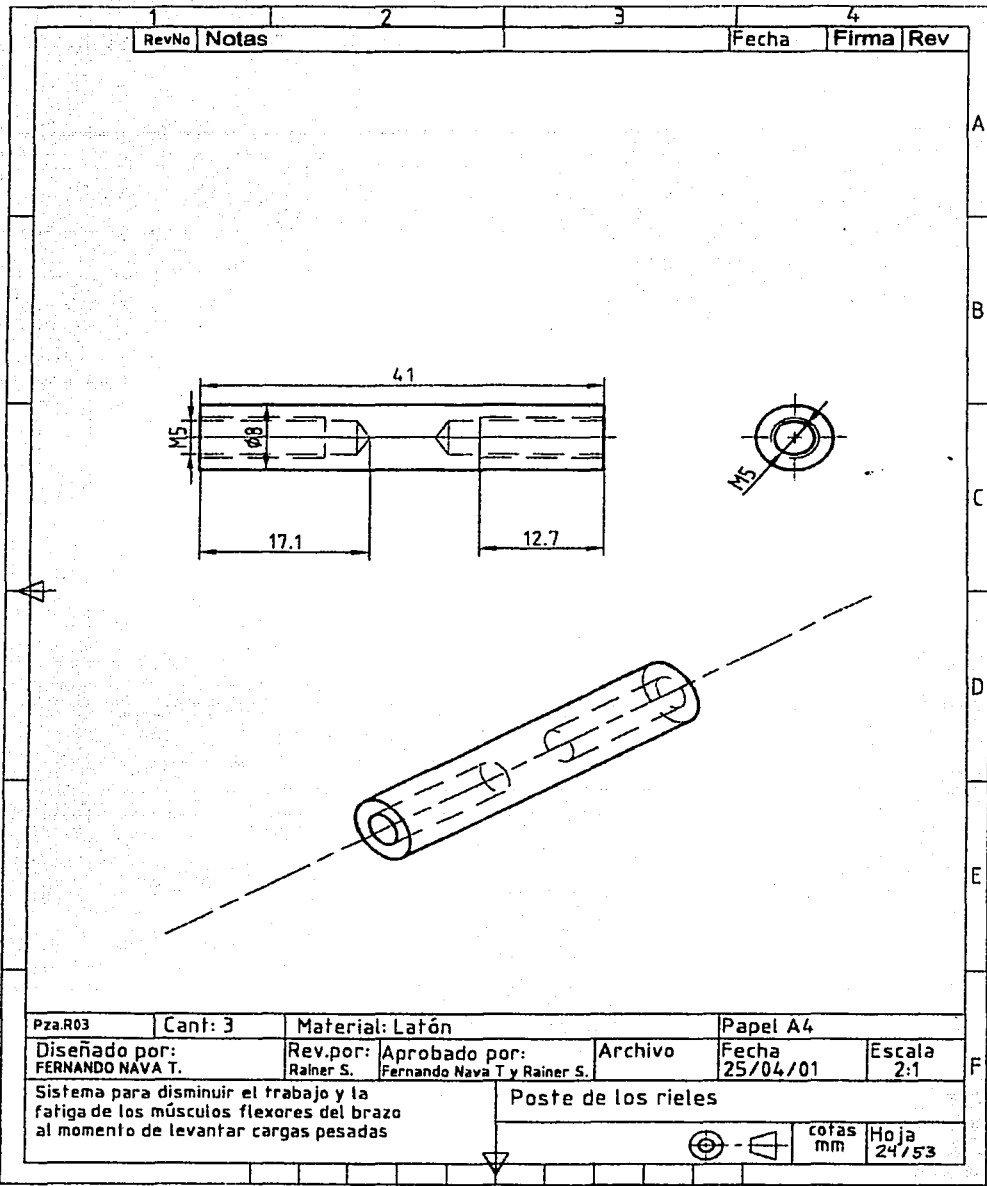
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

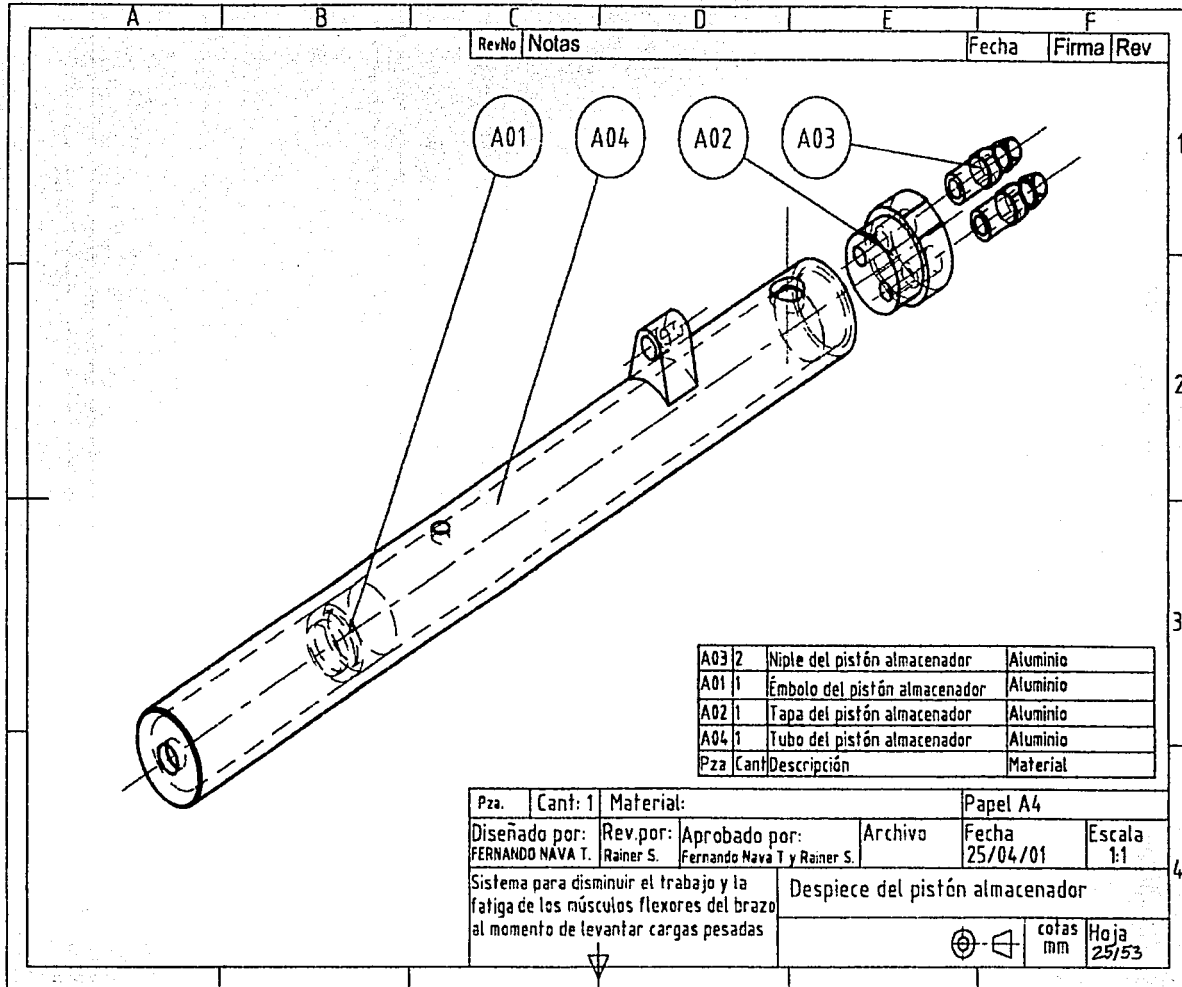


TESIS CON FALLA DE ORIGEN



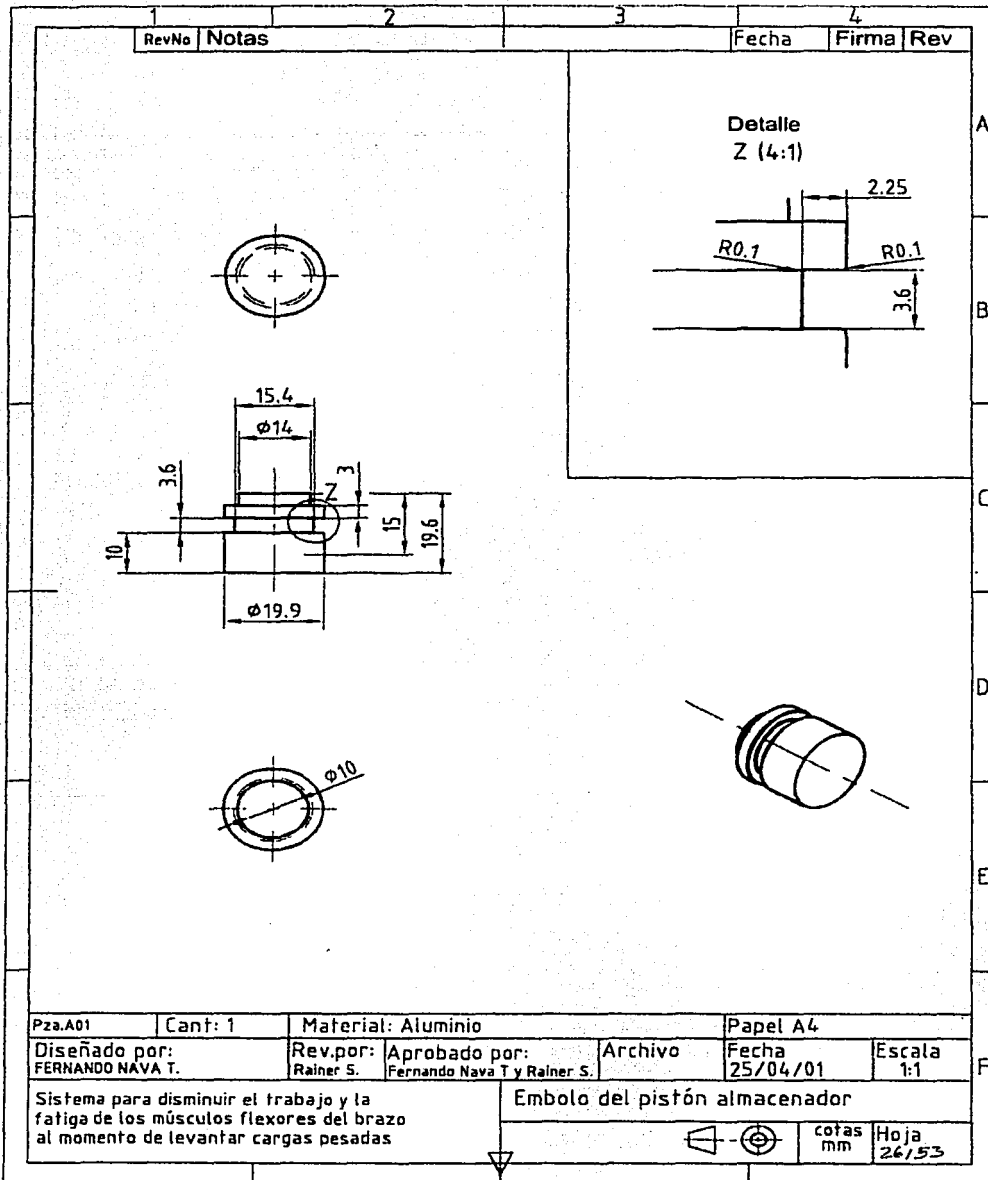
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



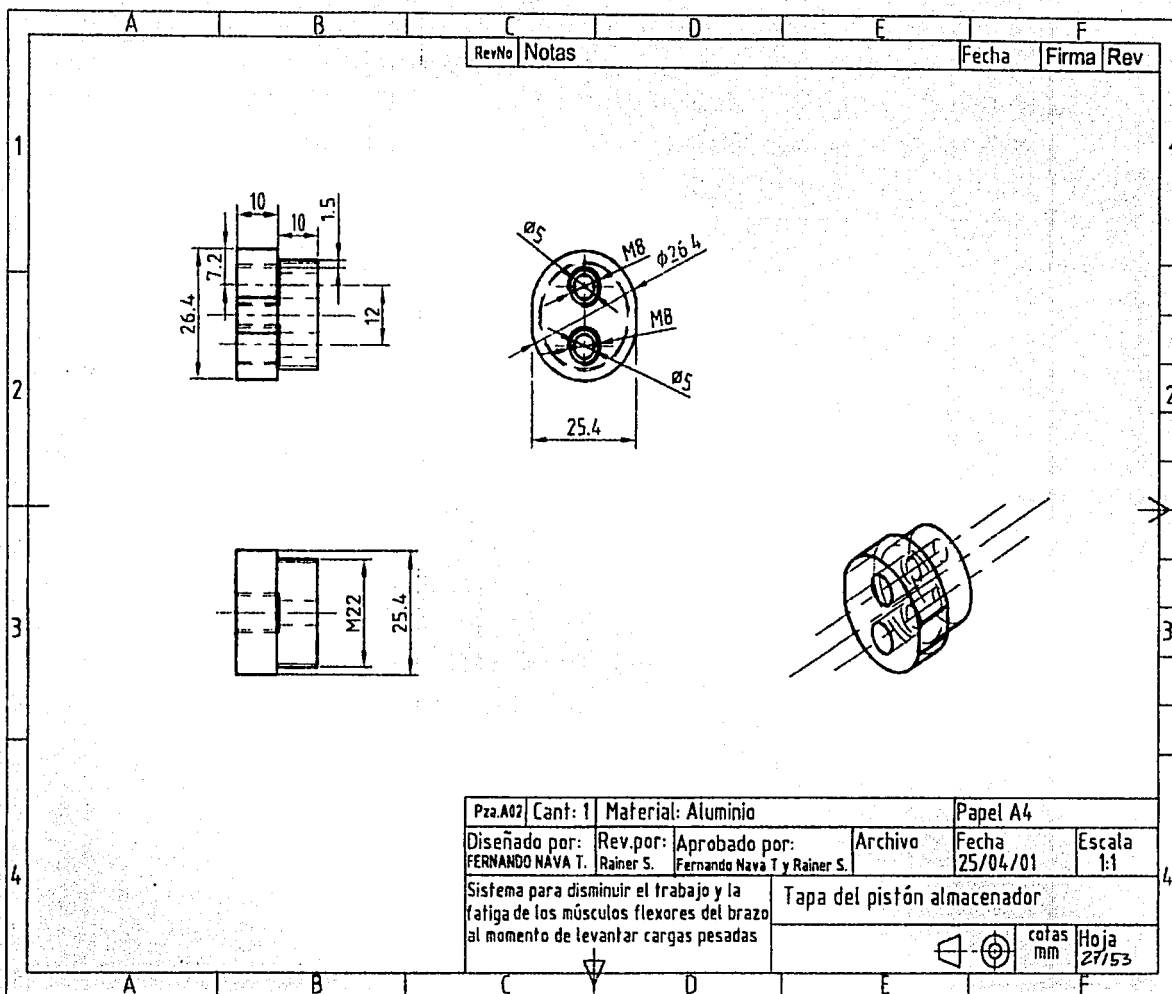


TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

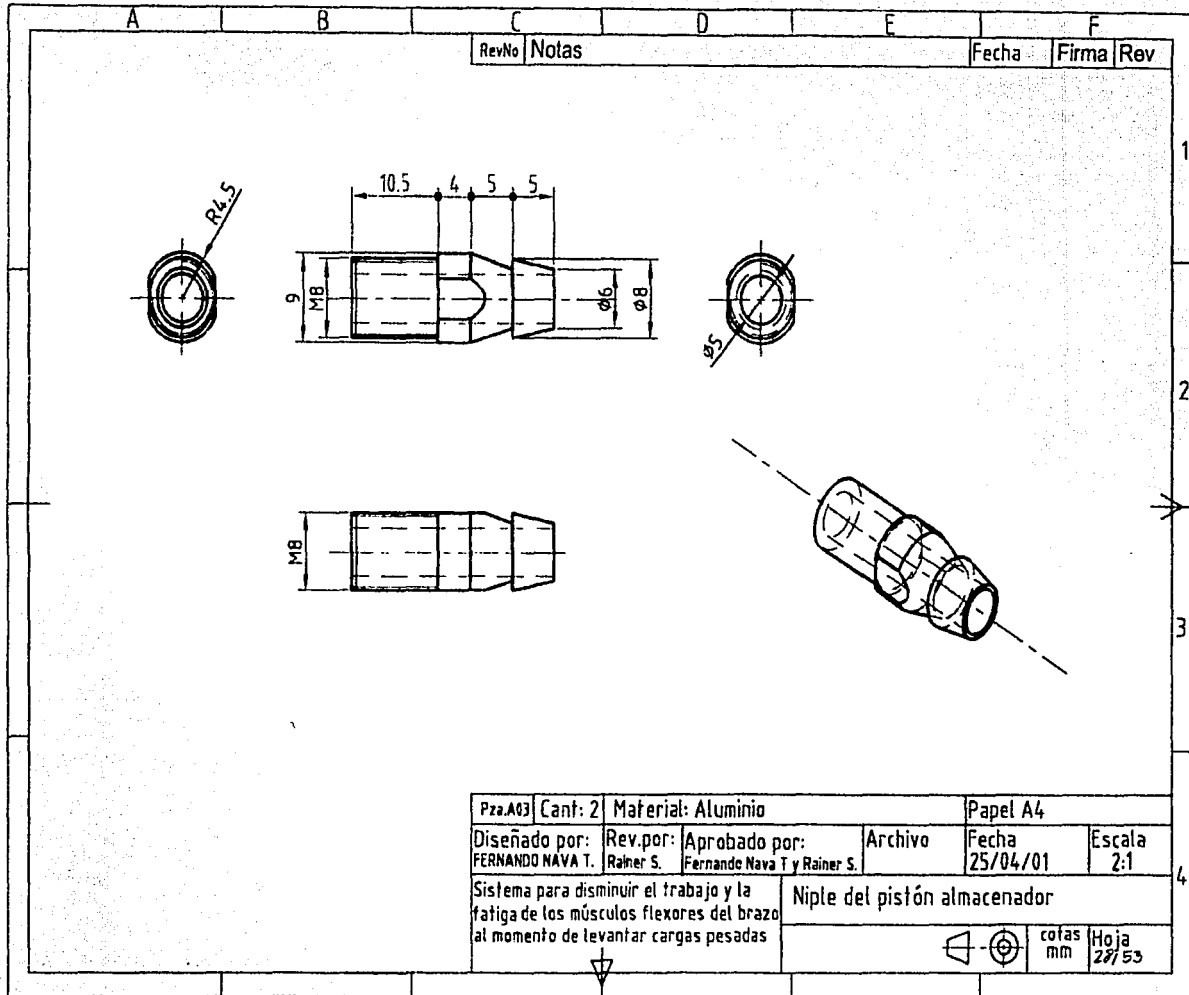
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



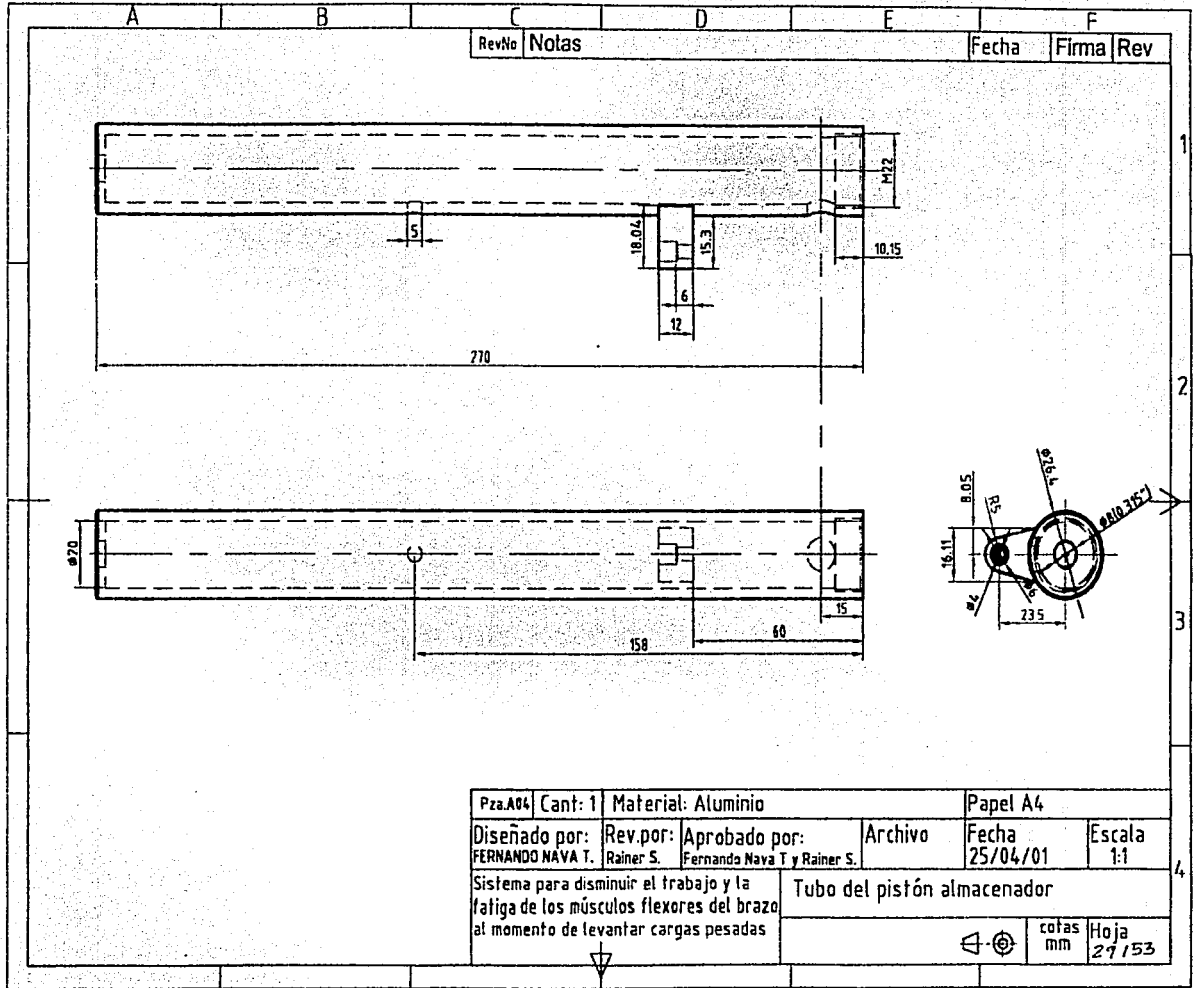




TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN


 TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

153



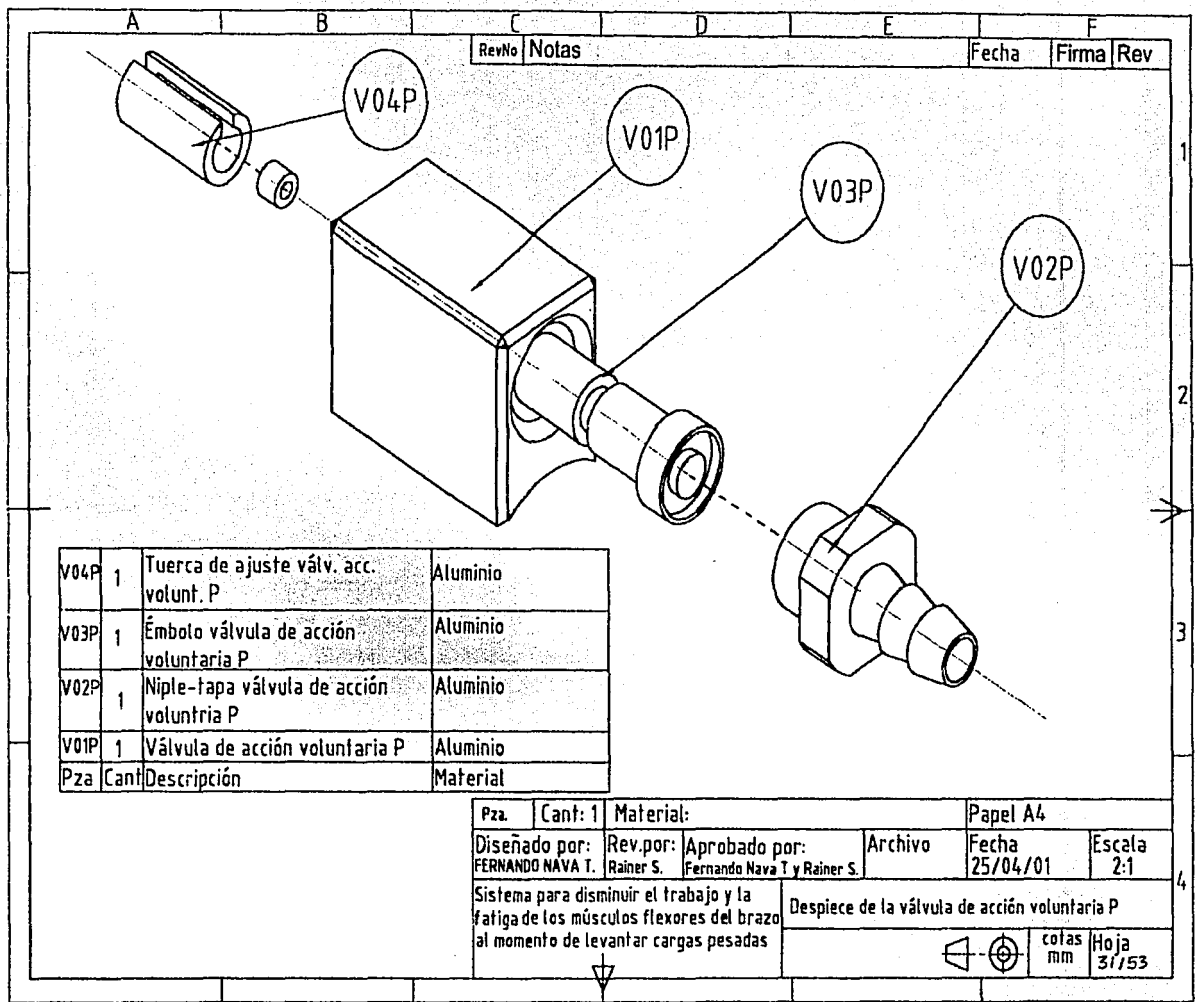
RevNo	Notas	Fecha	Firma	Rev
-------	-------	-------	-------	-----

Pza.A04	Cant: 1	Material: Aluminio	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev.por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Fecha 25/04/01
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Archivo	Escala 1:1
		Tubo del pistón almacenador	
		cotas mm	Hoja 27/153

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

A		B		C		D		E		F	
RevNo				Notas				Fecha		Firma	
<p>Isométrico</p>											
Pza. A04		Cant: 1		Material: Aluminio				Papel A4			
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.		Rev. por: Rainer S.		Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.		Archivo		Fecha 25/04/01		Escala 1:1	
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas						Tubo del pistón almacenador					
								cotas mm		Hoja 30/53	

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN



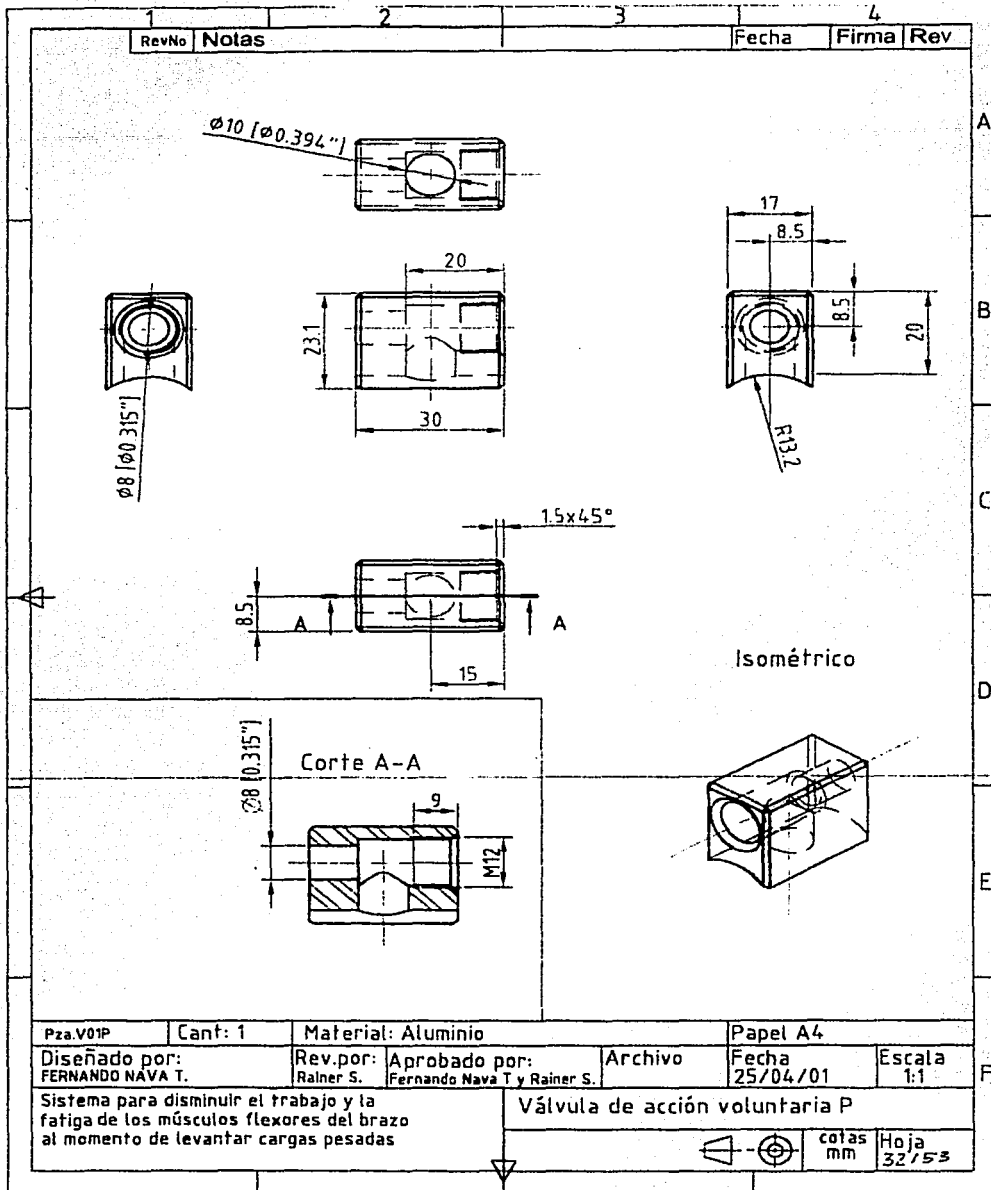
RevNo	Notas	Fecha	Firma	Rev
-------	-------	-------	-------	-----

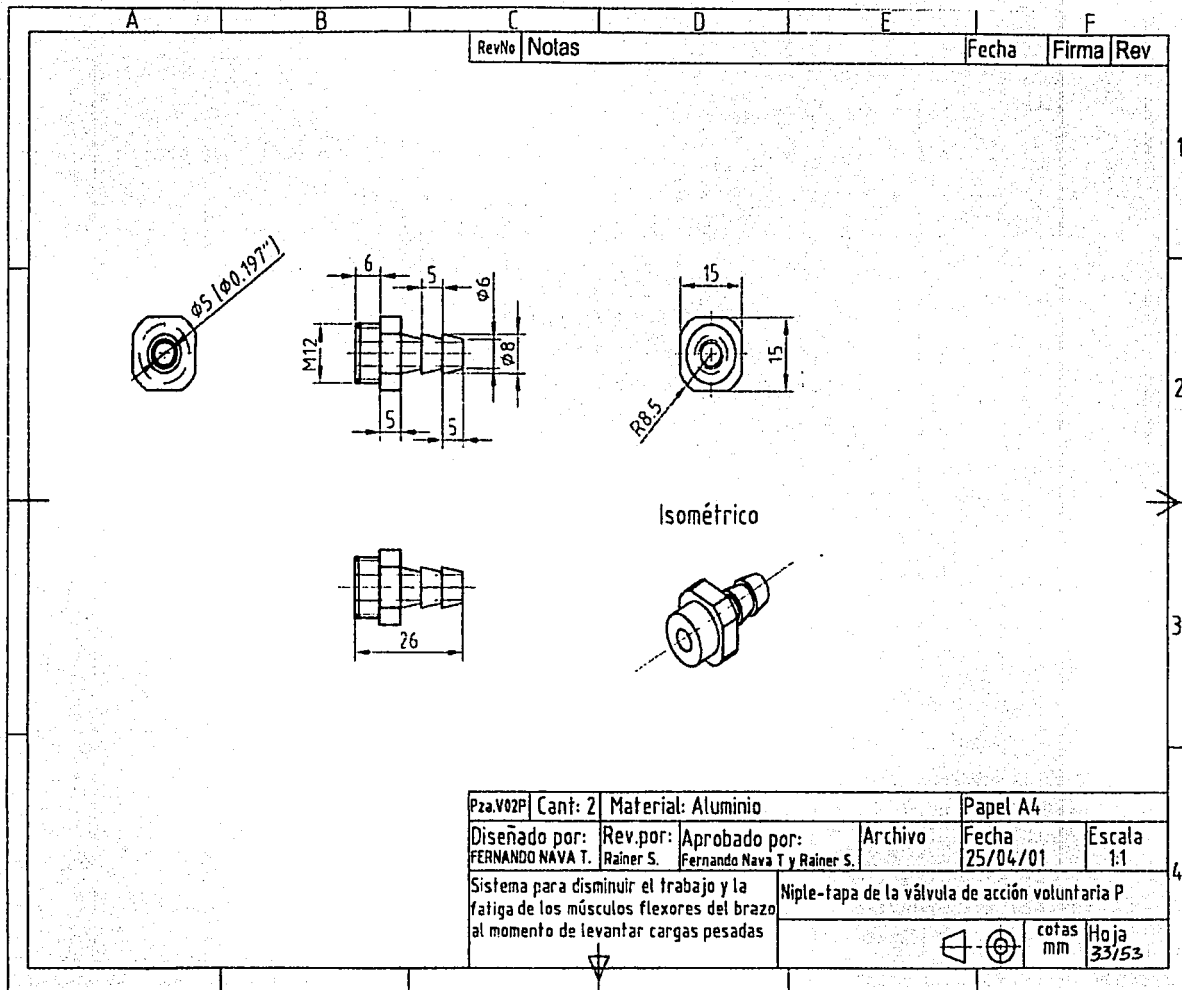
V04P	1	Tuerca de ajuste válv. acc. volunt. P	Aluminio
V03P	1	Émbolo válvula de acción voluntaria P	Aluminio
V02P	1	Niple-tapa válvula de acción voluntaria P	Aluminio
V01P	1	Válvula de acción voluntaria P	Aluminio
Pza	Cant	Descripción	Material

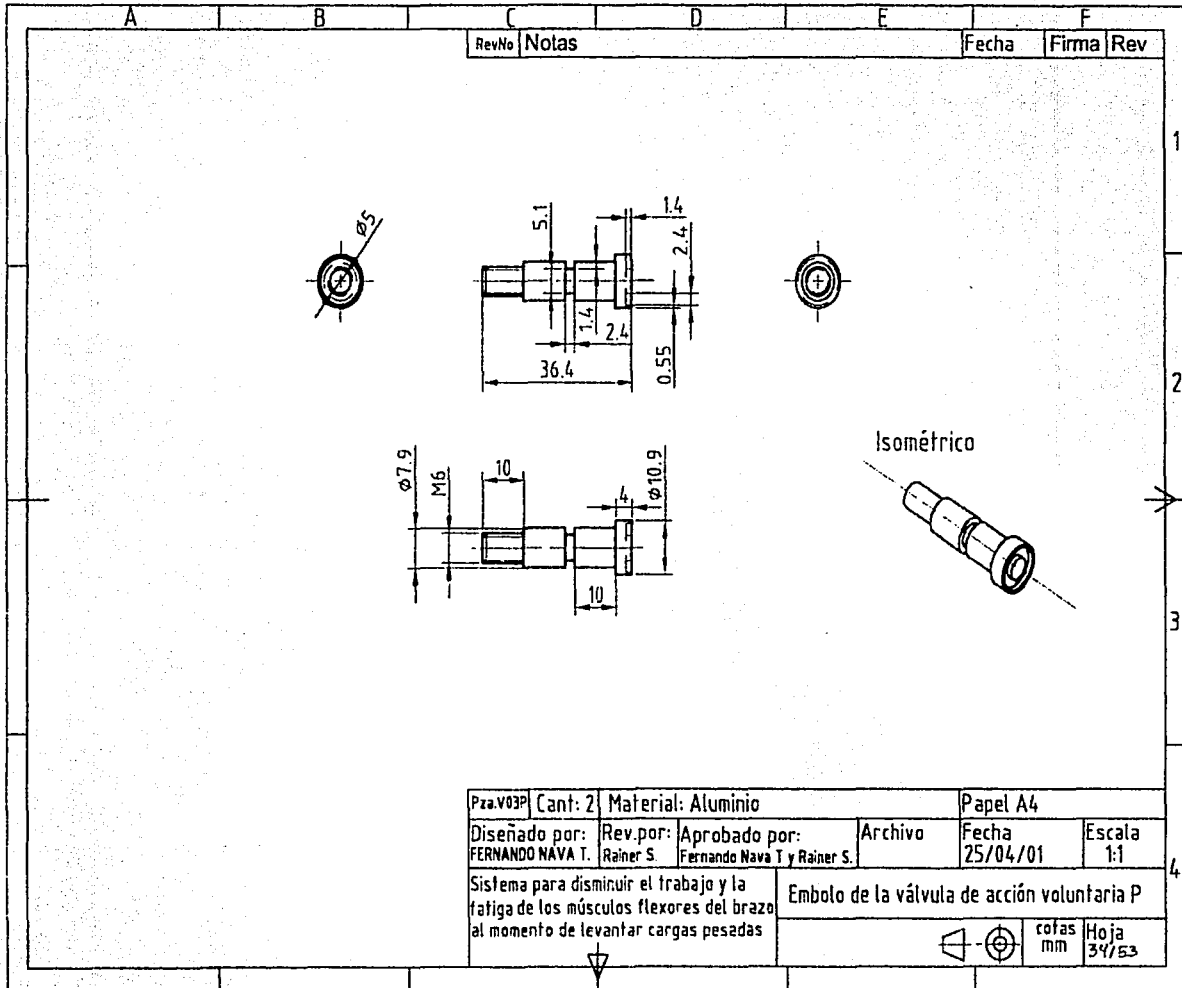
Pza.	Cant: 1	Material:	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Fecha 25/04/01
Despiece de la válvula de acción voluntaria P			Escala 2:1
			cotas mm Hoja 31/53

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



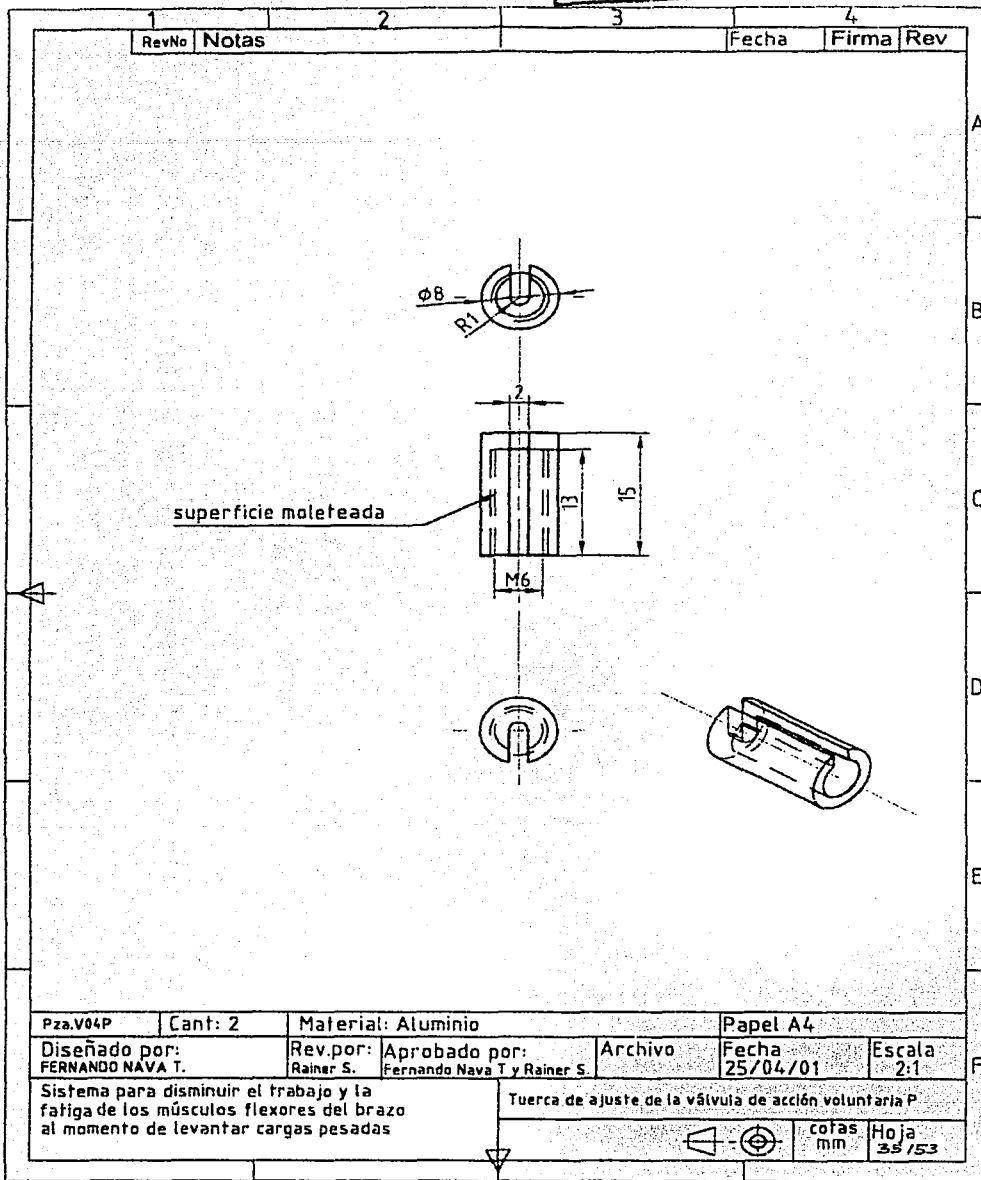

 TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

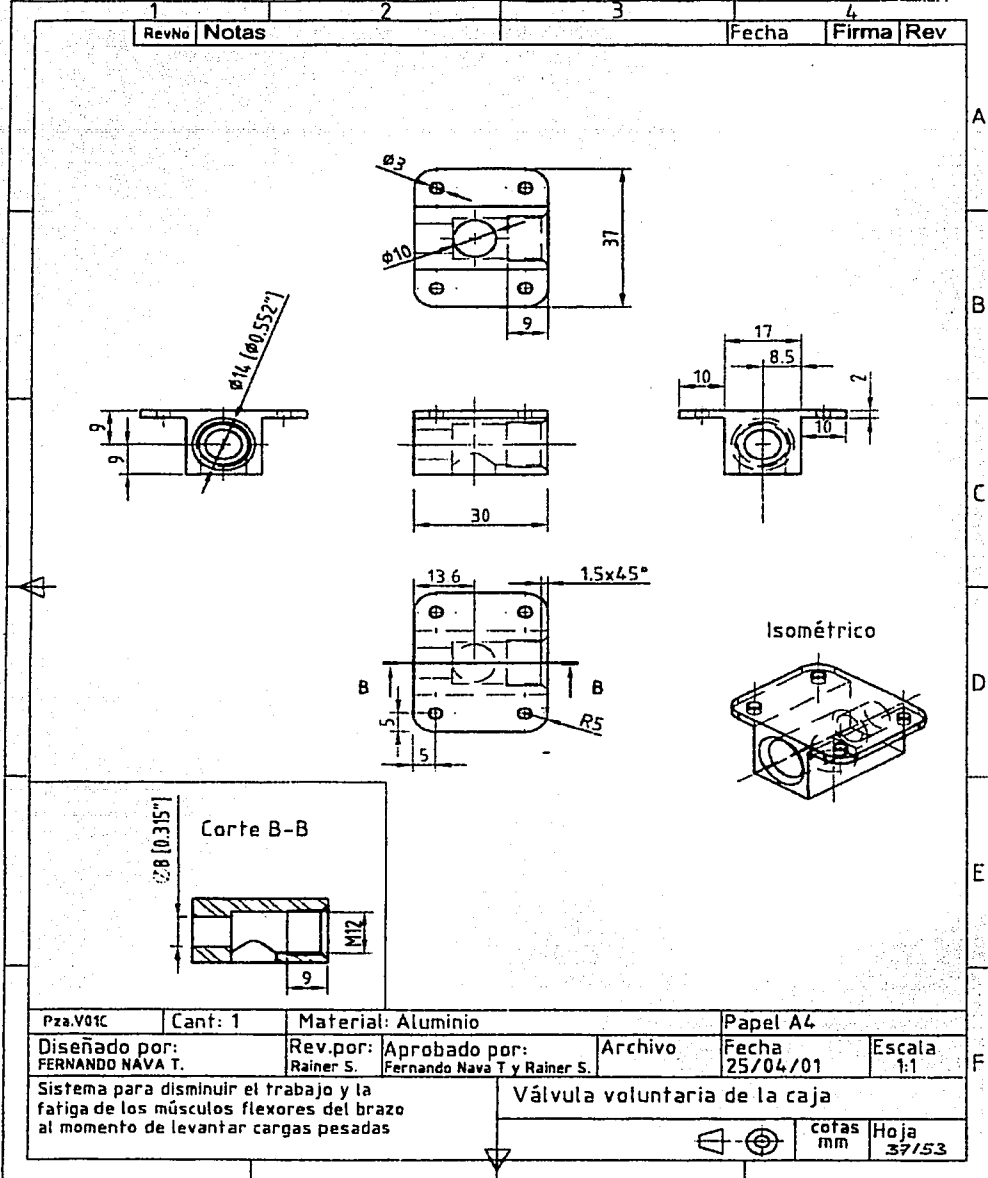


Pza.V04P	Cant: 2	Material: Aluminio	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev.por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
		Fecha 25/04/01	Escala 2:1
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Tuerca de ajuste de la válvula de acción voluntaria P
			cotas mm Hoja 35/53

A		B		C		D		E		F		
RevNo						Notas			Fecha		Firma	Rev
V04P												
V01C												
V03P												
V02P												
V04P1	Tuerca de ajuste	Aluminio										
V03P1	Émbolo, válvula de acción volunt.	Aluminio										
V02P1	Niple-tapa, válvula de acción volunt.	Aluminio										
V01C1	Válvula de acción voluntaria de la caja	Aluminio										
Pza	Cant	Descripción		Material								
Pza.	Cant: 1	Material:						Papel A4				
Diseñado por:		Rev. por:		Aprobado por:		Archivo		Fecha		Escala		
FERNANDO NAVA T.		Rainer S.		Fernando Nava T y Rainer S.				25/04/01		1:1		
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas						Despiece de la válvula voluntaria de la caja						
								cotas mm		Hoja 36/153		

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

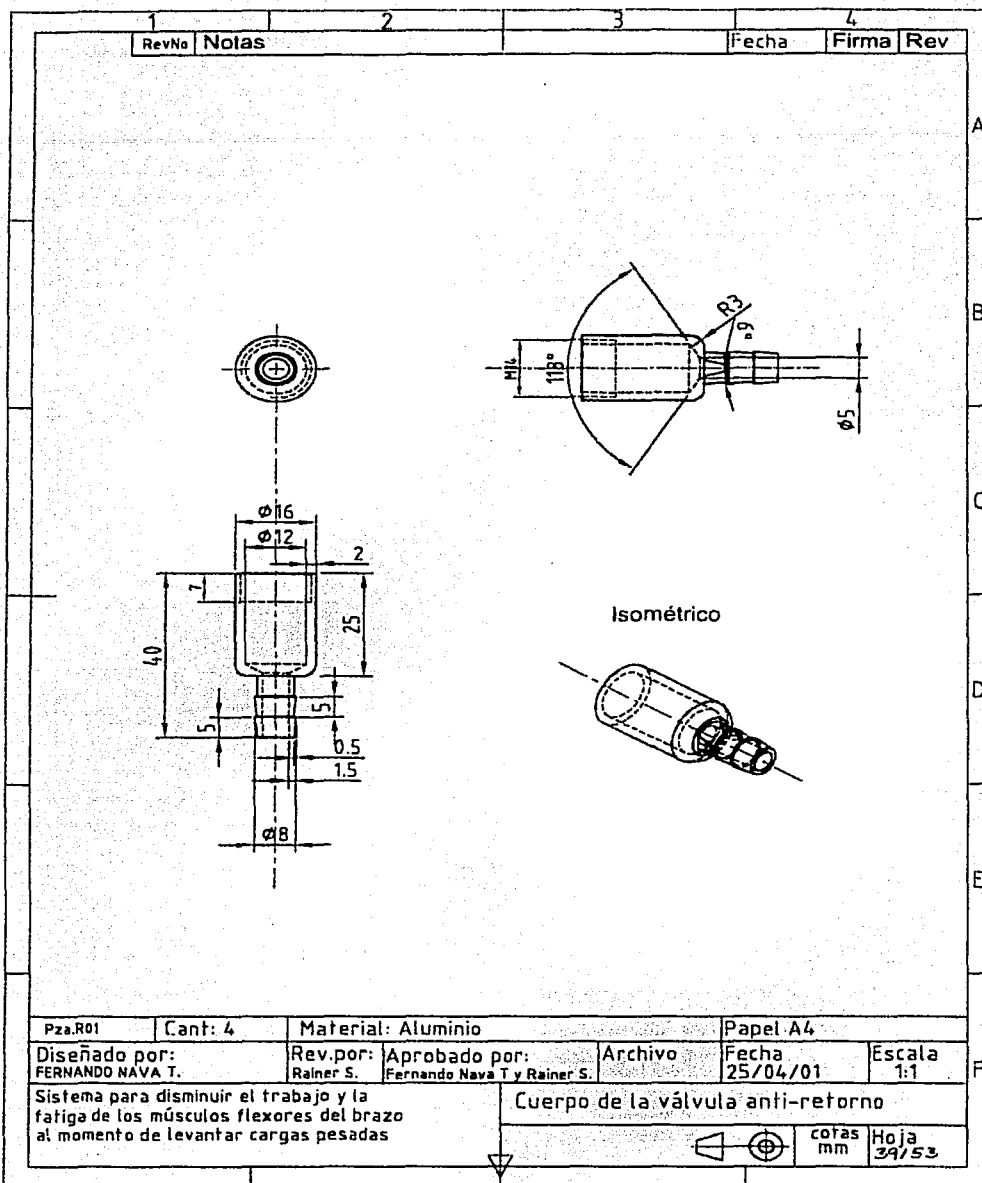
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



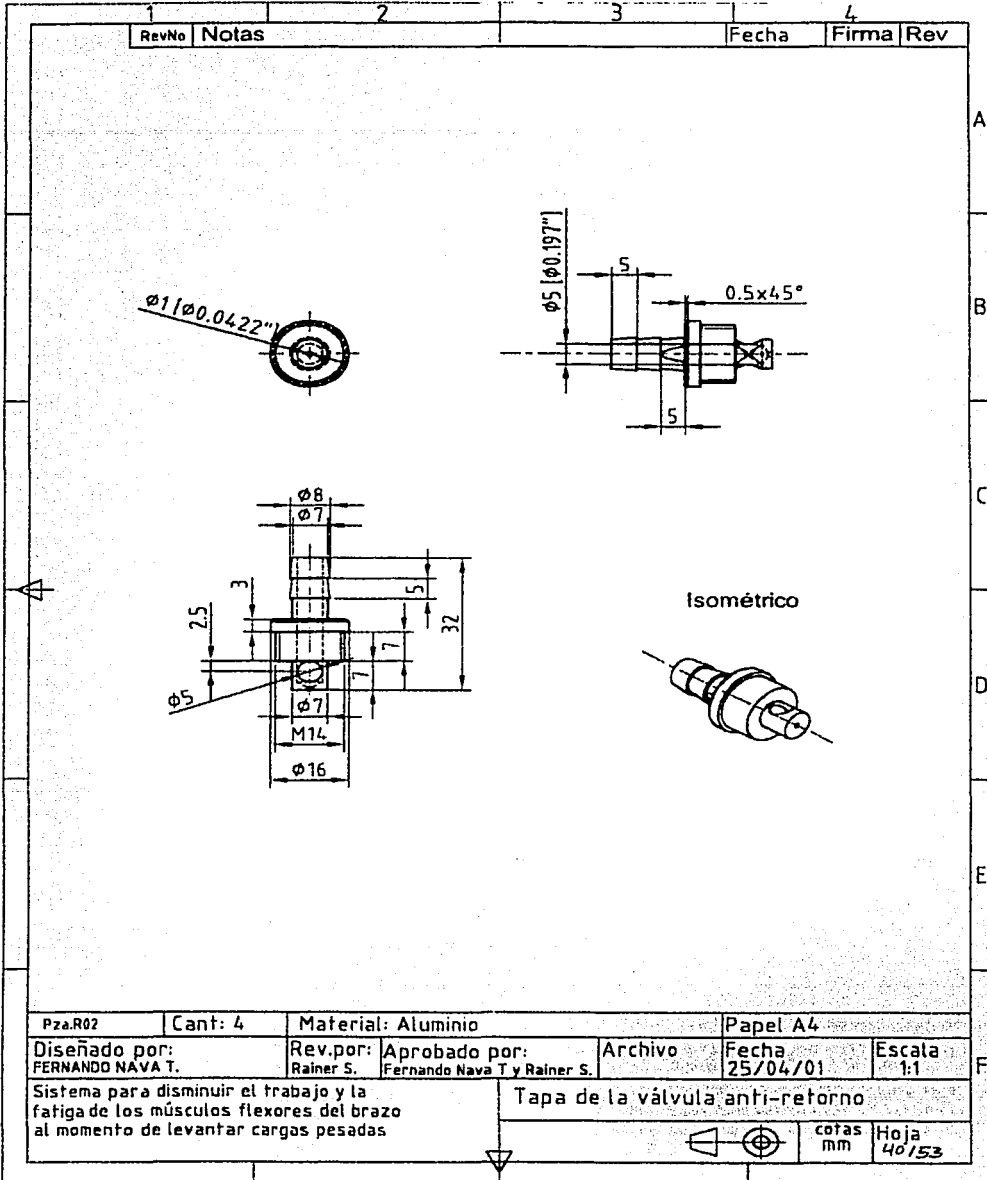
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma   Rev
R03	4	Émbolo de la válvula anti-retorno	Aluminio
R02	4	Tapa de la válvula anti-retorno	Aluminio
R01	4	Cuerpo de la válvula anti-retorno	Aluminio
Pza	Cant	Descripción	Material
	Cant:	Material:	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.		Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.
		Archivo	Fecha 25/04/01
			Escala 2:1
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Despiece de la válvula anti-retorno	
			cotas mm Hoja 39/53

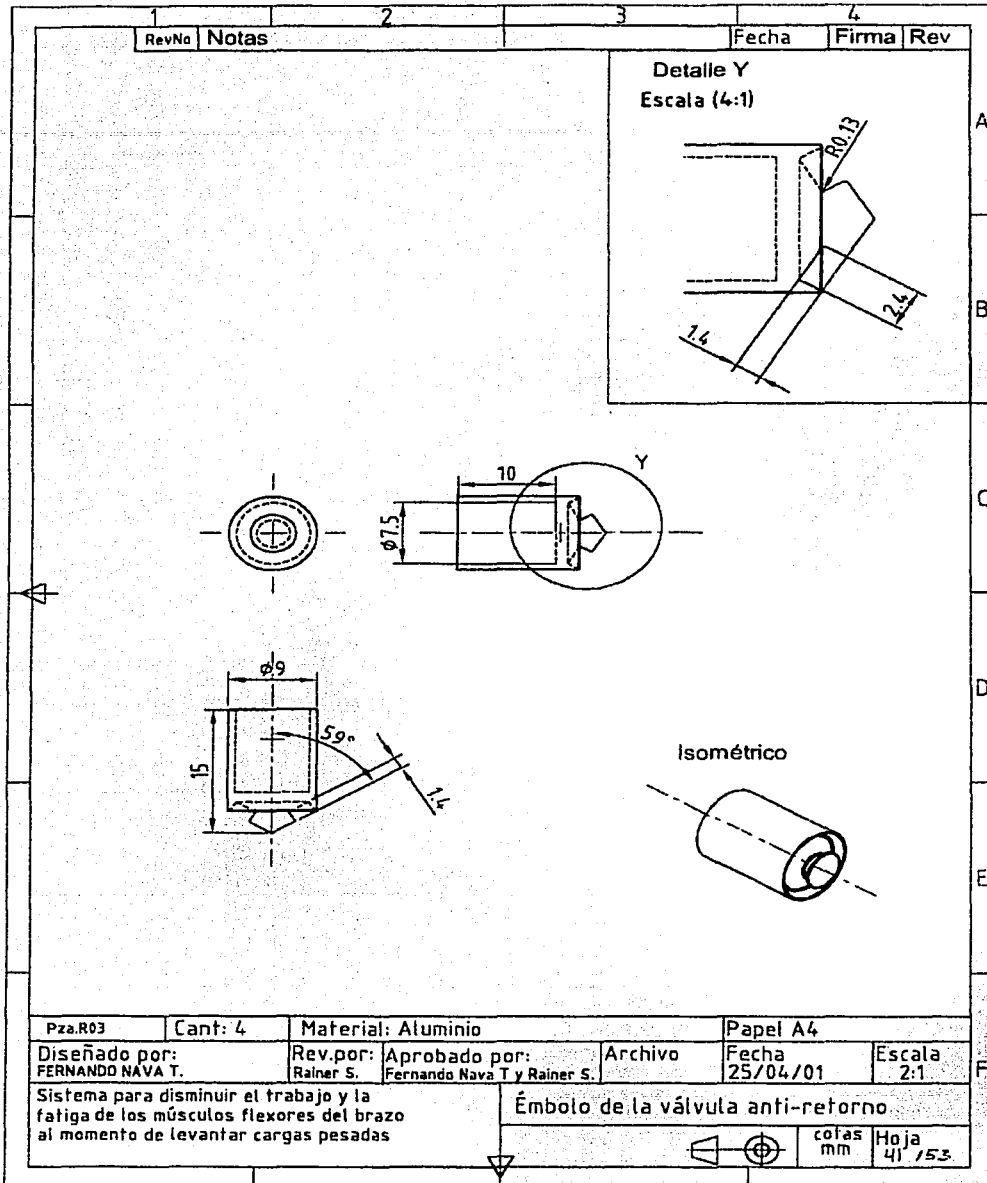
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



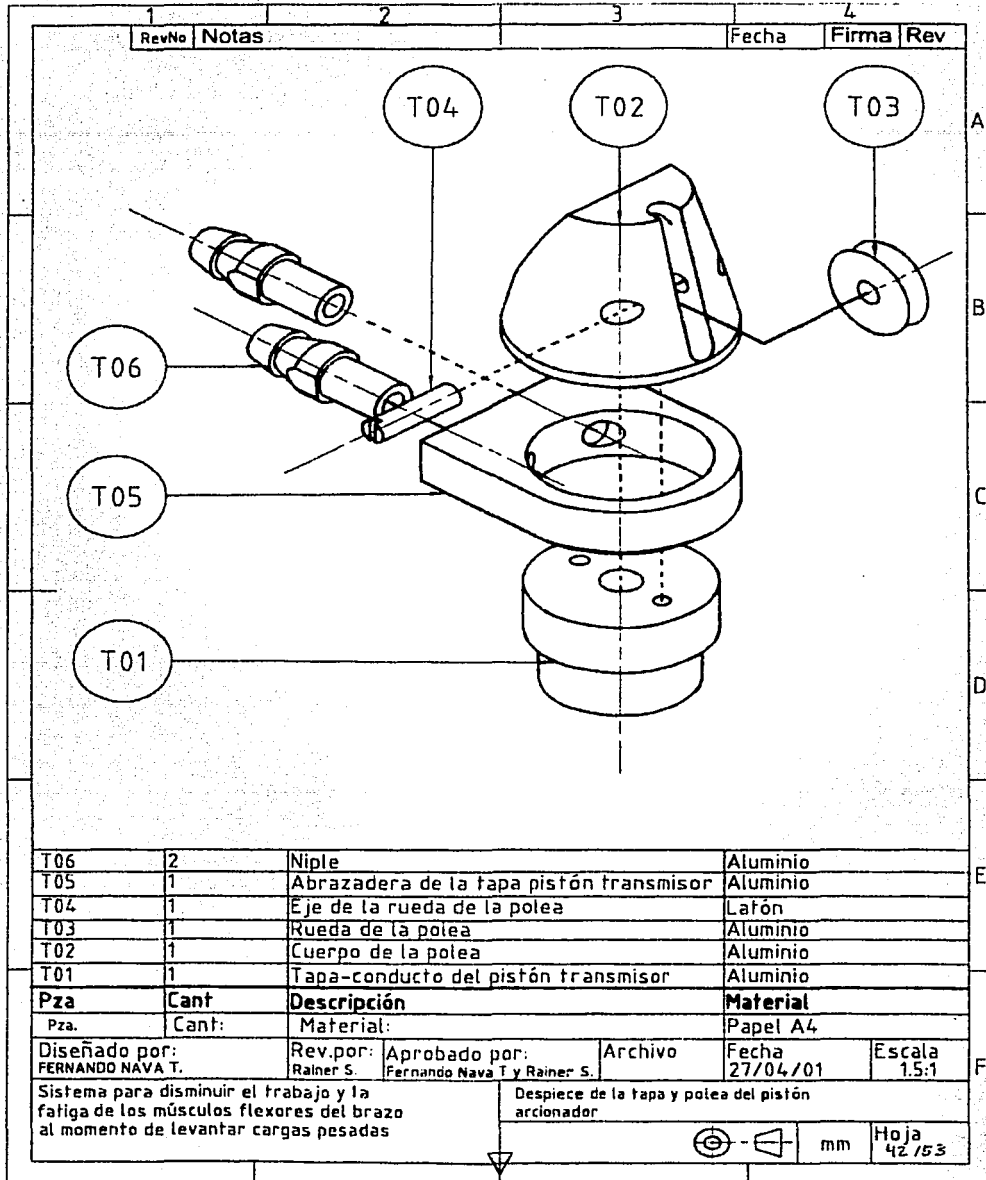
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



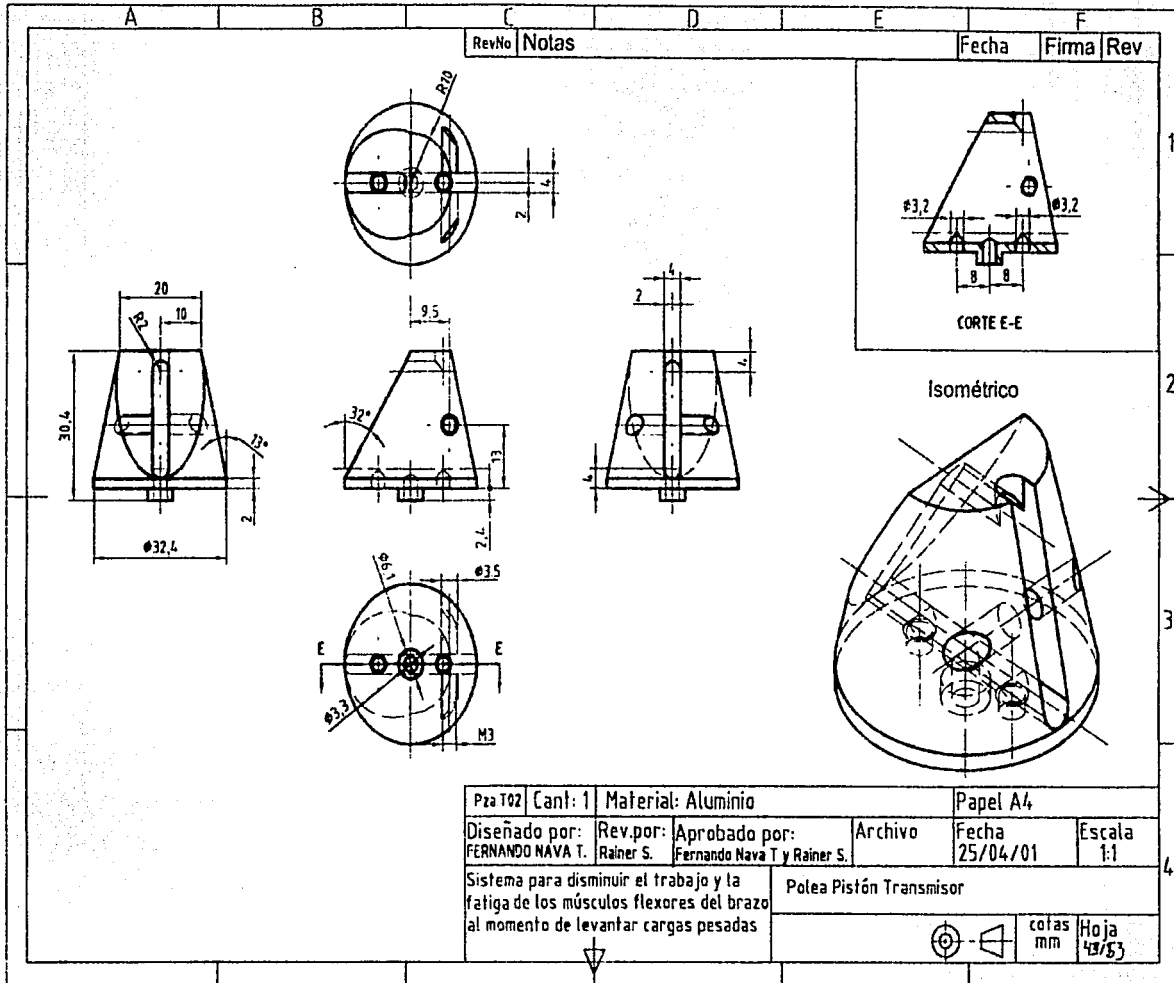
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



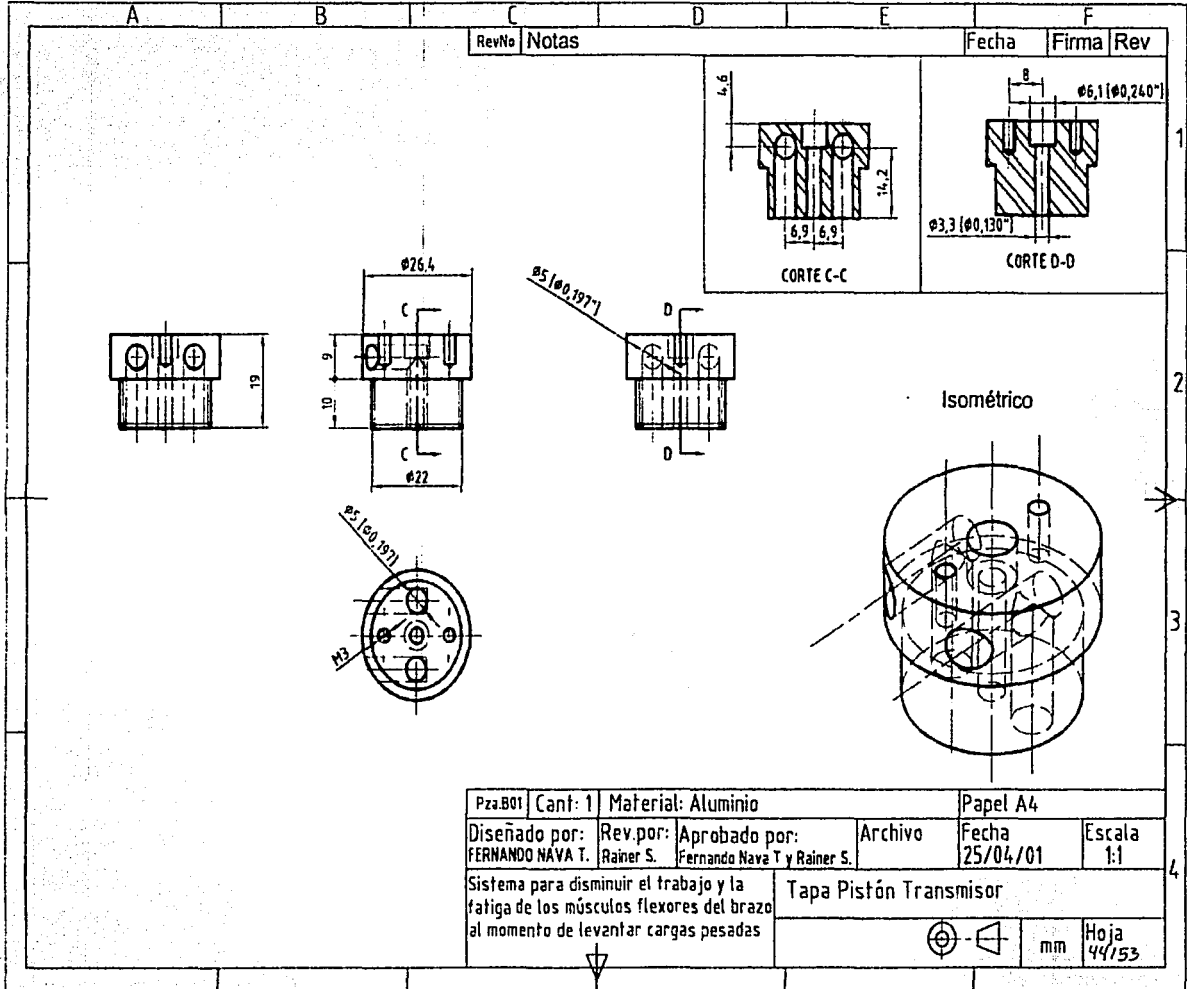
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN





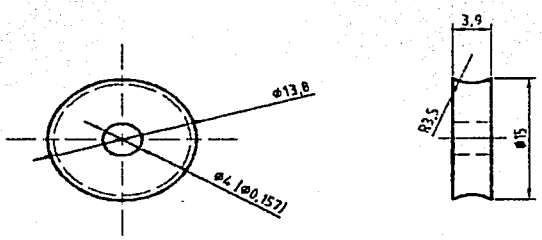
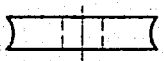
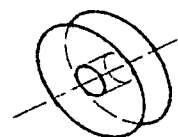



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



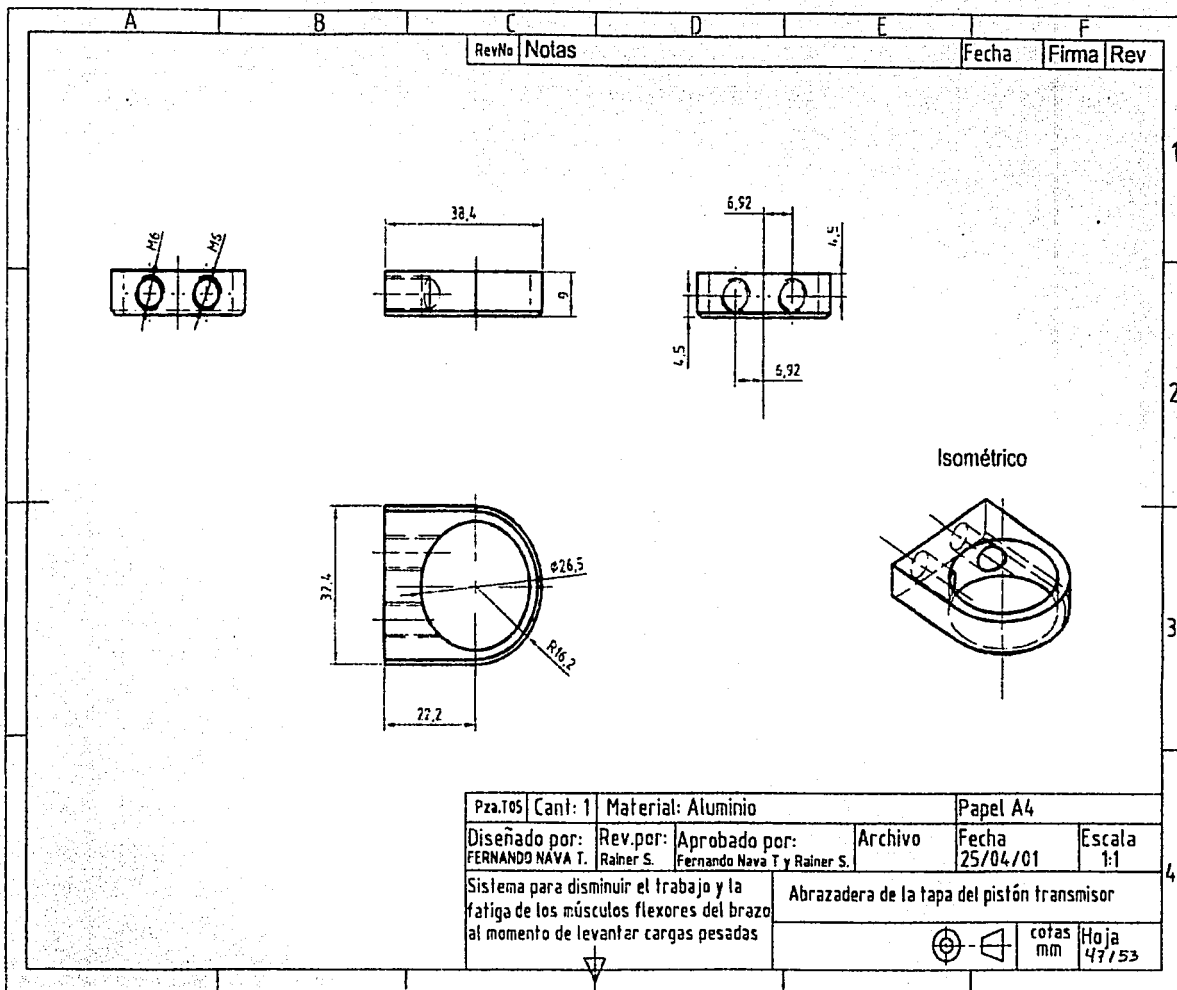
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

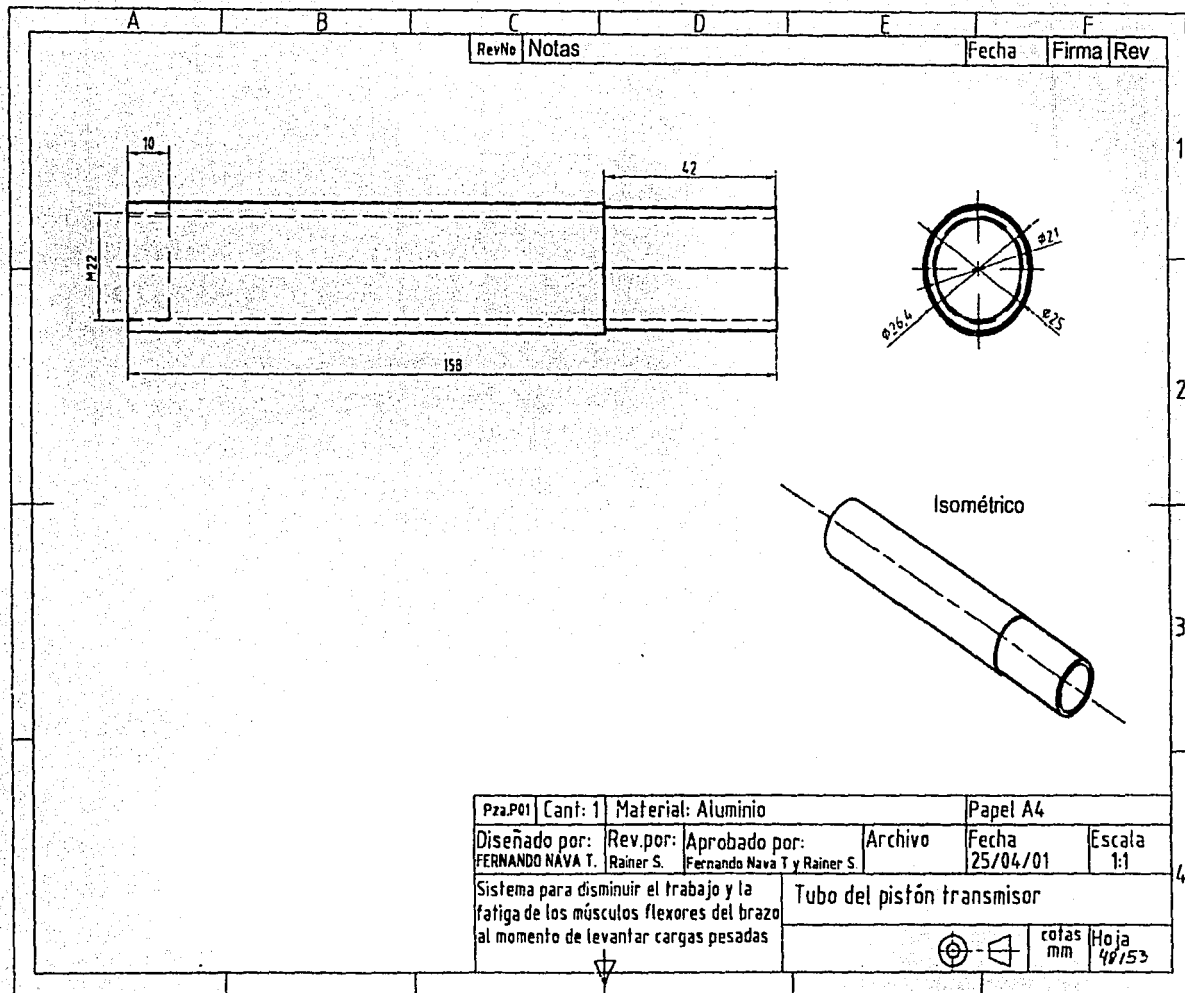
1	2	3	4	
RevNo	Notas		Fecha	Firma
				
				
<p>Isométrico</p> 				
Pza. T03	Cant: 1	Material: Aluminio	Papel A4	
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev. por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo	Fecha 25/04/01
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Escala 2:1	
			Rueda Polea	
				mm Hoja 45 / 53

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

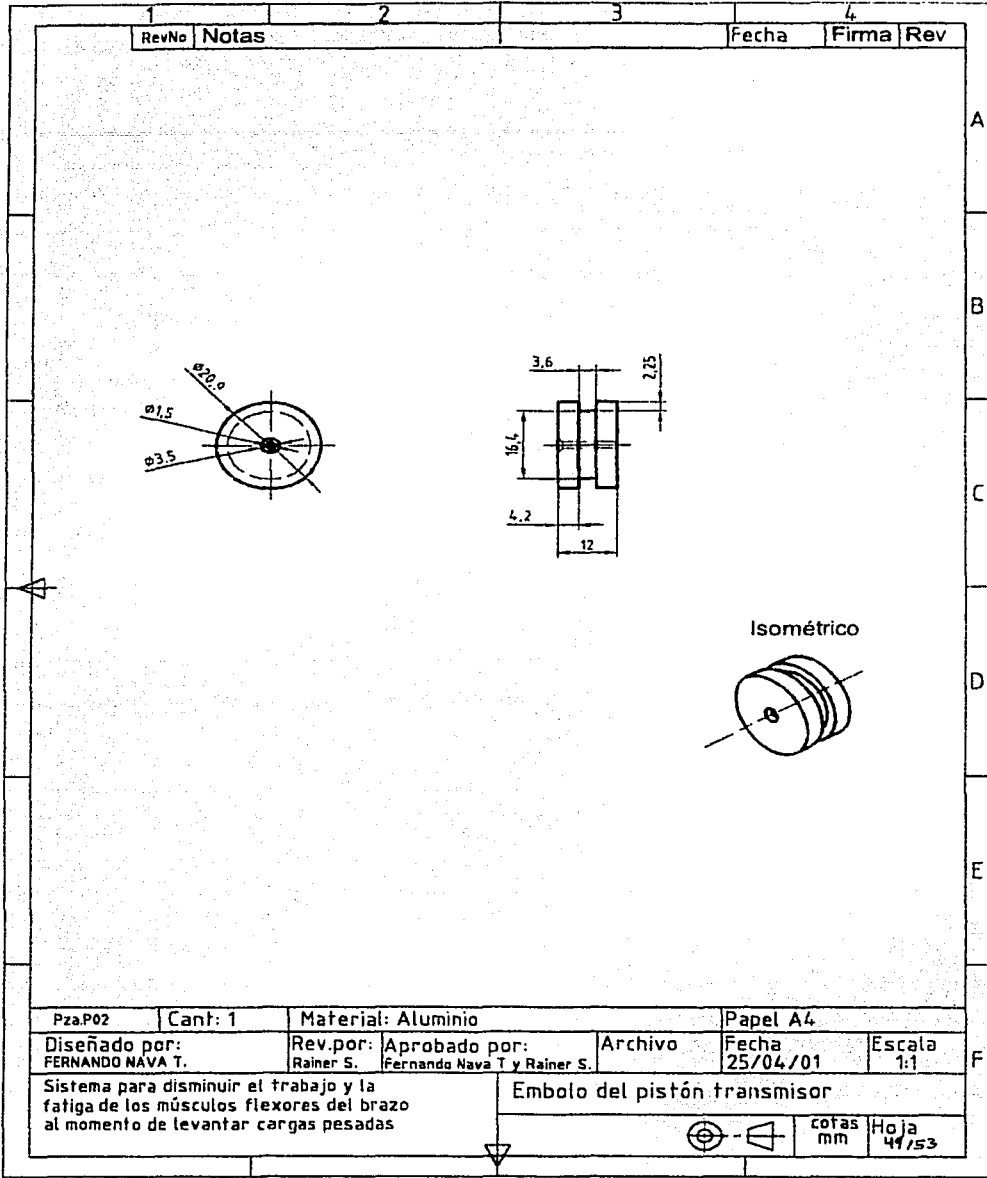
1	2	3	4
RevNo	Notas	Fecha	Firma Rev
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Isométrico</p> </div>			
Pza.T04	Cant:1	Material: Latón	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev.por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Archivo
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas		Eje Polea	Fecha 27/04/01
			Escala 1:1
		mm	Hoja 46/53

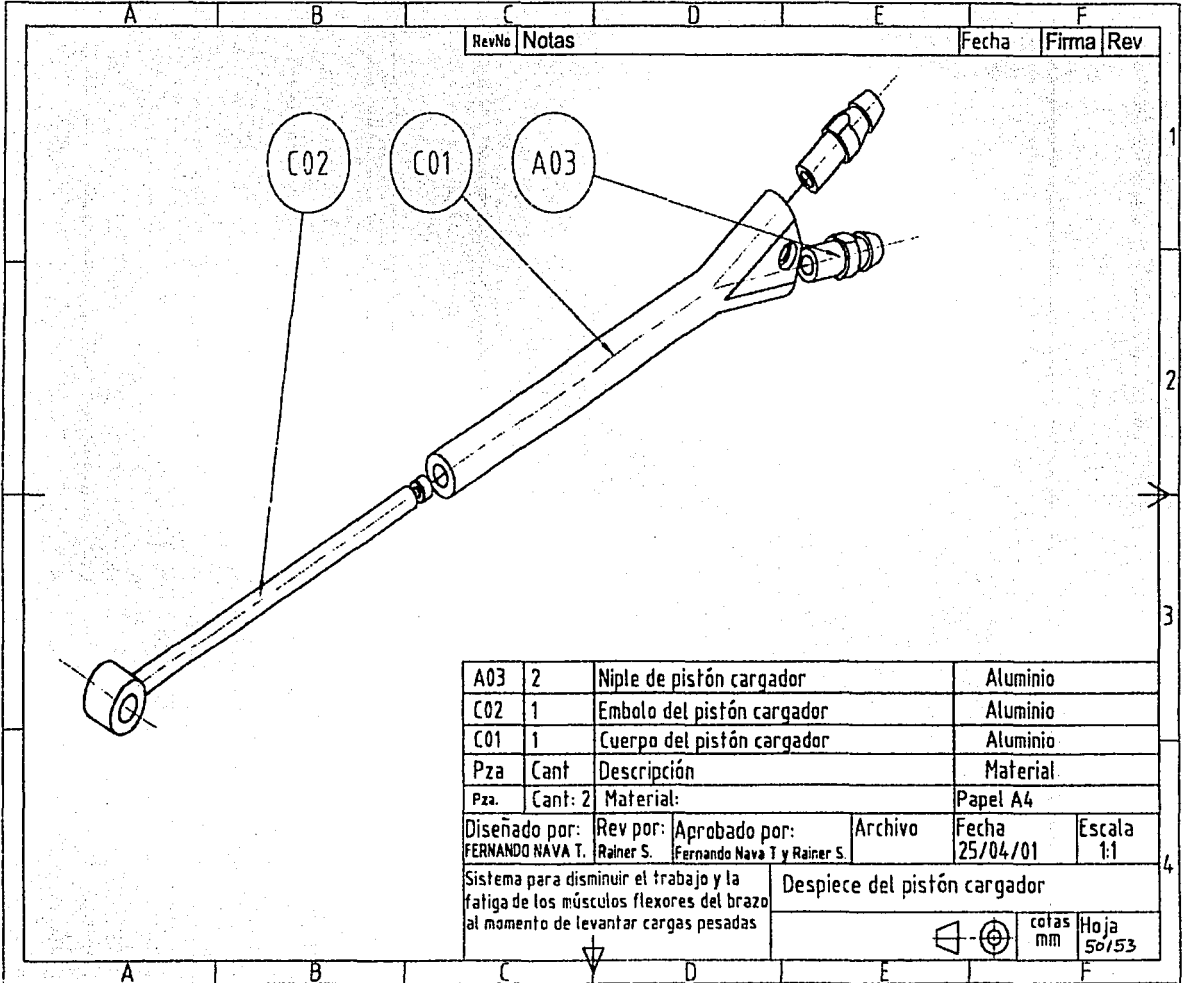


TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN



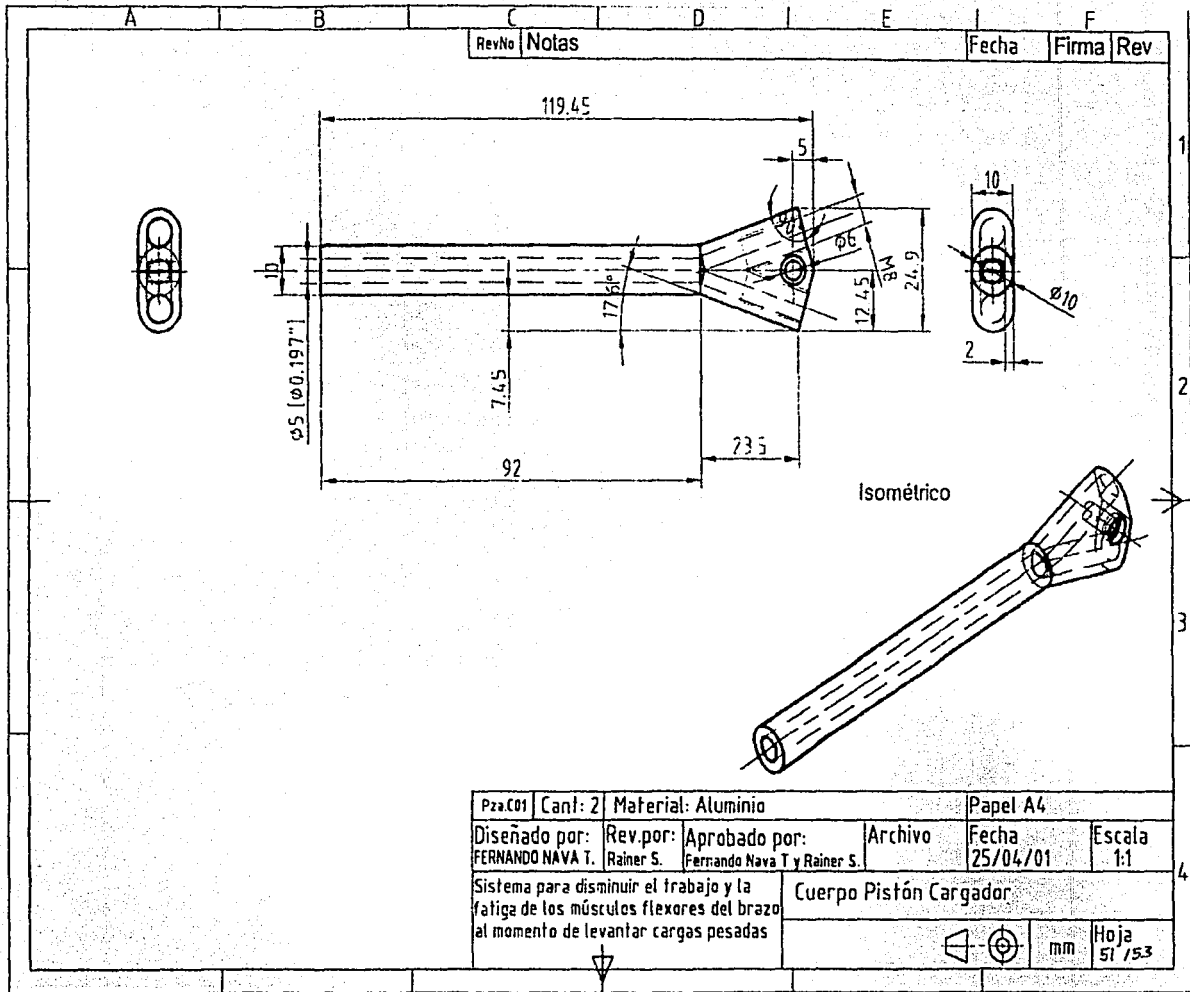
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

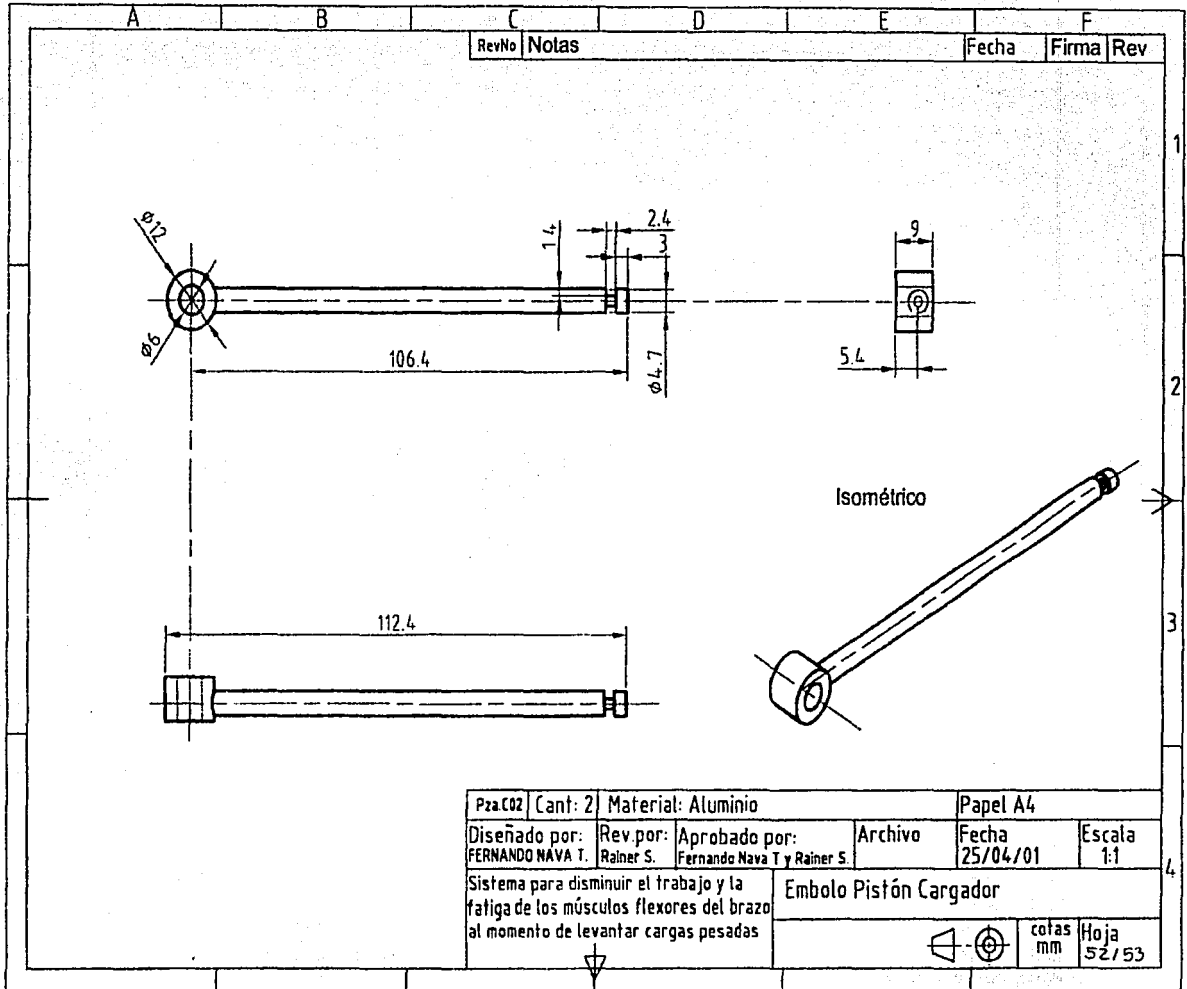




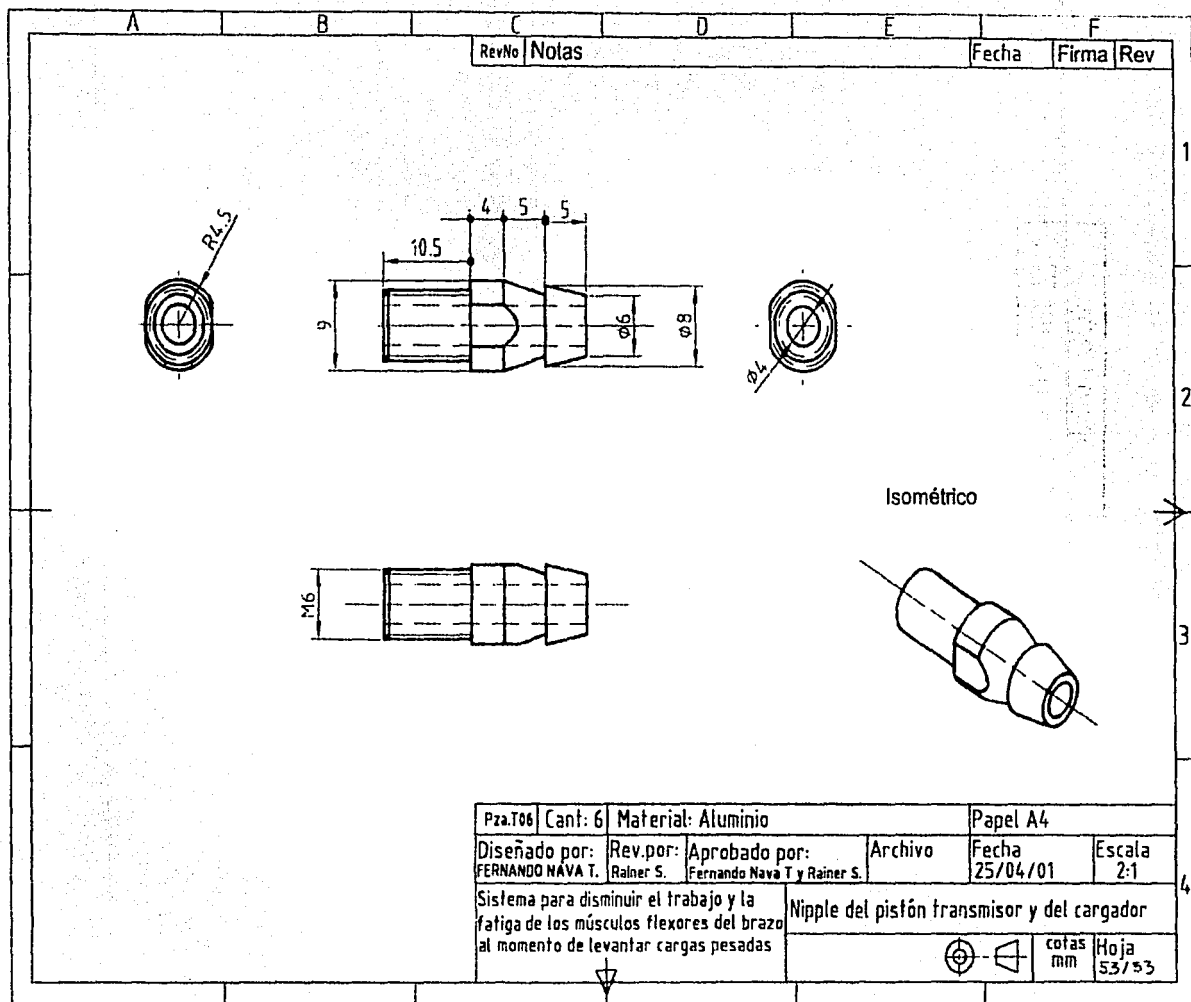
RevNo	Notas	Fecha	Firma	Rev
-------	-------	-------	-------	-----

Pza.C01	Cant: 2	Material: Aluminio	Papel A4
Diseñado por: FERNANDO NAVA T.	Rev.por: Rainer S.	Aprobado por: Fernando Nava T y Rainer S.	Fecha 25/04/01
Sistema para disminuir el trabajo y la fatiga de los músculos flexores del brazo al momento de levantar cargas pesadas			Escala 1:1
Cuerpo Pistón Cargador			mm
			Hoja 51 / 53

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANEXOS

## Anexo I (ANATOMÍA Y QUINESEOLOGÍA)

### A.1- Clasificación de las articulaciones diartrodias (ver fig. A.1):

1-Artrodias o articulaciones por desplazamiento: Las superficies de la articulación tienen forma irregular, por lo general planas o ligeramente curvas. El único movimiento permitido es de deslizamiento, por lo tanto no permite la rotación. Ej. Uniones entre los huesos del carpo.

2-Trocleanas o articulaciones bisagra: Una superficie tiene forma de carrete (cilíndrica con tapas) y la otra es cóncava. Permite movimiento en un plano alrededor de un solo eje; por lo tanto este tipo de articulación es uniaxial.

El movimiento que se da es de flexión y extensión. Ej. La articulación del codo

3-Trocoides o articulaciones pivote: Comprende un eje recibido por un anillo o por dos huesos largos que se ajusten cerca de sus extremos de manera que uno pueda girar alrededor del otro. El único movimiento permitido es de rotación. Es un movimiento en un plano alrededor de un solo eje. Ej. Articulación entre cúbito y radio

4-Condiloartrosis o articulación elipsoide: Una cabeza redondeada en la extremidad de un hueso encaja en el hueco de otro para formar una articulación. El movimiento se puede dar en dos planos, hacia delante y hacia atrás y de lado a lado. Los primeros son movimientos de flexión y extensión y los últimos de abducción y aducción o flexión lateral. La articulación es biaxial. Cuando estos movimientos se llevan a cabo secuencialmente, constituyen un movimiento de circunducción. Ej. La articulación de la muñeca.

5-Las articulaciones en silla de montar: Pueden ser vistas como una modificación a la condiloartrosis. Los extremos de la superficie convexa sobresalen, haciendo la superficie cóncava en la otra dirección como en una silla de montar. Esta es una articulación biaxial, permite flexión y extensión, abducción y aducción y circunducción. La diferencia con la condiloartrosis es que las articulaciones en silla de montar tienen mayor libertad de movimiento. Ej. La articulación capo-metacarpal.

**6-Enartrosis o articulaciones de cabeza globular y cavidad en forma de copa:** En este tipo de articulación la cabeza esférica del hueso encaja en una cavidad similar de otro hueso. Esta articulación permite flexión y extensión, abducción, circunducción, flexión y extensión horizontal y rotación. Es una articulación triaxial que permite movimiento sobre tres ejes. Ej. Articulación entre húmero y escápula.

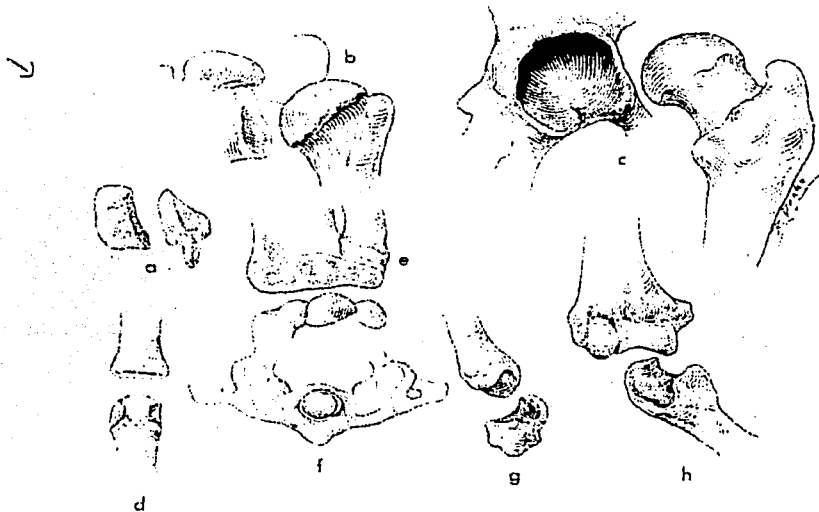


Fig.A.1 (Artrodias principales: a, artrodia por desplazamiento; b y c, articulación de cabeza globular y cavidad en forma de copa; d y e condiloartrosis; f, articulación pivote; g, articulación en silla de montar; h, articulación bisagra).

(Fuente: KINESIOLOGY Scientific basis of human motion, Katharine F. Wells, Kathryn Luttgens, 1976, Ed W.B. Saunders Company)

## **A.2- Factores que dan estabilidad a las articulaciones del cuerpo.**

Existen diversos factores, que a continuación se mencionan y que permiten dar estabilidad a las articulaciones del cuerpo.

### Forma de la estructura ósea:

Según sea la forma de la articulación tendrá más o menos estabilidad; por ejemplo, las articulaciones del hombro y de la cadera son las dos enartrosis, sin embargo difieren marcadamente en su estabilidad. La profundidad de la cavidad semiesférica de la cadera (acetábulo) en la que encaja el fémur, en contraste con el pequeño

tamaño y poca profundidad de la cavidad glenoidea del hombro muestra que la articulación de la cadera posee mayor protección contra el dislocamiento, aunque por otra parte su movilidad es más restringida.

El acomodo de los ligamentos:

Los ligamentos son tejidos fibrosos que pueden tener forma de cinta o de cuerda redonda y unen a los extremos de los huesos que constituyen una articulación móvil; los ligamentos ayudan a mantener a los huesos en una posición correcta cuando éstos se mueven o están estáticos. Los ligamentos son resistentes a la tensión, flexibles y algo elásticos; también retienen el movimiento de las articulaciones cuando éstas sobrepasan sus límites de movimiento.

Aponeurosis:

Es una membrana de tejido conjuntivo fibroso que envuelve a los músculos. De acuerdo a su lugar y función varían de membranas muy delgadas a gruesas y duras capas fibrosas (tendones). Son flexibles y elásticas dentro de ciertos límites, pero son susceptibles, de estiramientos permanentes si son sometidas a tensiones intensas o demasiado prolongadas (cuando se desgarran un músculo).

Los músculos:

Estos también tienen un papel en la estabilidad de las articulaciones, especialmente en aquellas en las cuales la estructura ósea ofrece poca, como en el caso del hombro.

**A.3- Funciones de los músculos.**

Los músculos llevan a cabo diferentes funciones, las cuales se muestran a continuación.

Músculos que llevan a cabo movimientos (movedores).

Un movedor es un músculo que es responsable de llevar a cabo un movimiento. En la mayoría de los movimientos participan muchos movedores, algunos de ellos de mayor importancia que otros, a los más importantes se les llama movedores principales. Los músculos que ayudan a llevar a cabo un movimiento pero que tienen menos importancia o que se contraen solo bajo ciertas circunstancias, son los movedores asistentes. Los músculos que ayudan sólo cuando se necesita, algo más de fuerza (como cuando un movimiento se hace contra una resistencia) se les llama a veces músculos de emergencia.

### Músculos fijadores, estabilizadores y de soporte.

Este grupo incluye a los músculos que se contraen estáticamente para fijar o soportar alguna parte del cuerpo contra la fuerza de otros músculos, contra la fuerza de gravedad o contra los efectos de los momentos de inercia y chicote que se puedan dar en un movimiento vigoroso. Una de las funciones más comunes de estos músculos es la de estabilizar o fijar el hueso que está sometido a la fuerza de contracción de otro músculo. Es gracias a la estabilización de una de las uniones del músculo que este puede llevar a cabo un movimiento efectivo del hueso al cual está unido el otro extremo del músculo.

### Músculos neutralizadores.

Un neutralizador es un músculo que evita acciones no deseadas hechas por los músculos movers. Es decir, si un músculo tiene la capacidad de abducir y flexionar, pero sólo se desea que flexione, un músculo aductor se contrae para neutralizar la acción de abducción del movedor.

A veces dos de los movers tienen una acción en común, pero pueden realizar también operaciones secundarias que son antagónicas. Por ejemplo, un músculo puede provocar un movimiento de rotación hacia atrás así como de aducción. Cuando ambos músculos se contraen para producir aducción, sus funciones rotatorias se contrarrestan. Los músculos que se comportan de esta manera son neutralizadores mutuos así como movers.

### Músculos antagonistas:

Un músculo antagonista es aquel que causa un movimiento opuesto al del músculo que actúa como movedor. Por lo tanto en un movimiento de flexión, los músculos flexores son los movers y los extensores son los antagonistas.

Si un movimiento hecho con gran fuerza y rapidez no es controlado, éste podría someter a un estiramiento repentino a los ligamentos de las articulaciones, dañándolos severamente. Para prevenir una lesión de este tipo, los músculos antagonistas de los movers, se contraen momentáneamente para controlar el movimiento. Cuando estos se contraen, los movers se relajan (por un principio fisiológico conocido como "principio de inervación recíproca"), si es que no están ya relajados y permitiendo al momento de inercia completar el movimiento.

En un movimiento vigoroso, los músculos antagonistas pueden jugar dos papeles. El primero es de relajarse para permitir

que el movimiento se lleve a cabo sin obstáculos y el segundo es



el de funcionar como freno al final del movimiento y de esta manera proteger a la articulación implicada.

#### **A.4- Tipos de acción muscular:**

##### Contracción estática, excéntrica y concéntrica.

##### Contracción concéntrica:

Es cuando un músculo se contrae y cuando uno de sus extremos está estable, el otro extremo jala al hueso al que está unido y éste gira alrededor del eje de la articulación. El hueso por lo tanto sirve de palanca y la articulación de punto de apoyo. Esta es la contracción muscular que comúnmente se da en las actividades físicas.

##### Contracción excéntrica:

Se llama así a un relajamiento gradual de cualquier contracción muscular, como cuando uno baja un peso lentamente o cuando el músculo contraído empieza a ceder ante una fuerza externa que es mayor que la generada por el músculo.

##### Contracción estática:

El músculo permanece en una contracción parcial o total sin cambiar prácticamente su longitud. Hay dos diferentes condiciones bajo las cuales este tipo de contracciones se dan y que son:

- 1- Músculos que son antagónicos entre sí, se contraen con la misma fuerza y crean un balance.
- 2- Un músculo permanece total o parcialmente contraído, contra otra fuerza externa, como puede ser la fuerza de gravedad o una fuerza mecánica o muscular.

##### Contracción isotónica e isométrica.

Estos términos vienen del griego y significan misma tensión y misma longitud.

##### Contracción isotónica:

Es una contracción en la cual la tensión en el músculo es constante conforme el músculo se contrae.

Contracción isométrica:

Es una contracción sin cambios aparentes en la longitud del músculo. Este término es sólo sinónimo de contracción estática cuando ésta involucra una contracción total.

**A.5- Movimientos de los segmentos corporales**

Para poder definir y analizar los movimientos fundamentales de las partes más importantes del cuerpo humano, hay que establecer algunos conceptos de orientación y puntos de referencia. Los esenciales son el centro de gravedad, la línea de gravedad, los planos de orientación del cuerpo humano, los ejes de movimiento y las orientaciones y posiciones anatómicas.

1. Centro de gravedad:

El centro de gravedad se define como un punto imaginario que representa el centro del peso de un cuerpo; también se define como el punto del cuerpo en el cual todas sus partes se equilibran y se puede ver, por otra parte, como el punto en el que todo el peso del cuerpo está concentrado. En una persona promedio el centro de gravedad se localiza en la pelvis, por delante de la segunda vértebra sacra.

2. Línea de gravedad:

Es una vertical imaginaria que, por definición, pasa a través del centro de gravedad; por lo tanto su posición depende de la ubicación del centro de gravedad, el cual cambia con cualquier variación de la posición del cuerpo.

3. Planos de orientación y ejes de movimiento del cuerpo humano:

Existen tres planos que corresponden a las tres dimensiones del espacio, donde cada plano es perpendicular a los otros dos (figA.2) . Hay por lo tanto también tres ejes de movimiento, cada uno perpendicular al plano en el cual ocurre el movimiento. Estos planos y ejes se definen de la siguiente manera.

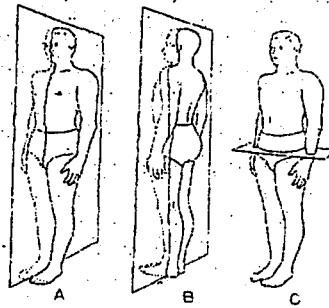


Fig.A.2 ( Planos de orientación: A, plano sagital o anteroposterior; B, plano frontal o lateral; C, plano horizontal o transversal). (fuente: KINESIOLOGY scientific basis of human motion Katharine F. Wells Ph.D, Kathryn Luttgens, Ph.D)

#### a.-Planos:

- 1- *El plano sagital o medio:* Este es vertical y divide al cuerpo en mitades derecha e izquierda.
- 2- *El plano frontal, lateral o coronal:* Este también es vertical, atraviesa al cuerpo de lado, dividiendo en las mitades anterior (el lado de la cara) y posterior (el lado de la nuca).
- 3- *El plano horizontal o transversal:* Como su nombre lo indica, este plano es horizontal y divide al cuerpo en mitades superior e inferior.

Estos plano deben de pasar por el centro de gravedad.

#### b.-Ejes:

- 1- El eje frontal-horizontal (lateral) pasa de una manera horizontal y de lado a lado del cuerpo.
- 2- El eje sagital-horizontal (anteroposterior) pasa de manera horizontal y de adelante hacia atrás del cuerpo.
- 3- El eje vertical es perpendicular al piso.

El movimiento rotatorio (axial o angular) de una parte del cuerpo se efectúa en un plano y alrededor de un eje. El eje alrededor del cual se efectúa un movimiento siempre es perpendicular al plano en el que ocurre éste último.

#### 4. Orientaciones y posiciones anatómicas.

Los términos posición y orientación describen la situación de un órgano con relación a otro, generalmente a lo largo de uno de los tres planos corporales.

##### Craneal, Superior:

Estos términos se refieren a una estructura corporal que se encuentra más cerca de la cabeza o más arriba que otra.

##### Caudal, Inferior:

Estos términos se refieren a una estructura corporal que se encuentra más cerca de los pies o más abajo que otra.

##### Anterior, Ventral:

Estos términos se refieren a una estructura corporal que se encuentra por delante de otra.

##### Posterior, Dorsal:

Estos términos se refieren a una estructura corporal que se encuentra por detrás de la otra.

##### Medial:

Este término se refiere a una estructura corporal que se encuentra más cerca del plano medio que otra.

##### Lateral:

Este término se refiere a una estructura corporal que se encuentra más alejada del plano medio que otra.

##### Proximal:

Se emplea solamente en relación a los miembros, el término se refiere a que una estructura corporal se encuentra más cerca del plano medio o de la raíz del miembro que otra dentro de éste. Tal estructura, será por lo general superior respecto a la otra.

##### Distal:

Se emplea únicamente en relación a los miembros, este término se refiere a una estructura corporal que se encuentra más alejada del plano medio o de la raíz del miembro, que otra dentro de éste. Tal estructura, será por lo general inferior con respecto a otra.

5. Posiciones convencionales del cuerpo para el estudio de sus movimientos:

Posición fundamental:

En esta posición el individuo está parado de manera erecta, con los pies ligeramente separados y en paralelo, los brazos sueltos y con las palmas de las manos hacia el cuerpo.

Posición anatómica:

Esta es la posición que normalmente aparece en los libros de anatomía. En esta posición el individuo está erecto, con los codos totalmente extendidos y con las palmas de las manos dirigidas al frente (hacia la mitad anterior). El resto del cuerpo permanece como en la posición fundamental. (ver fig. A.3)

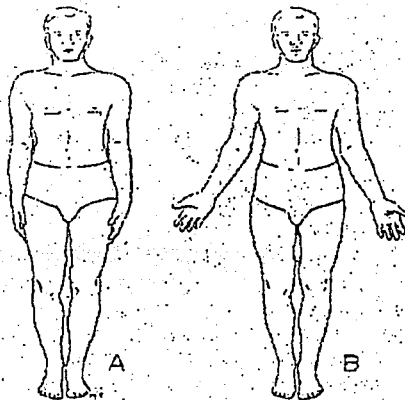


Fig. A.3 (Posiciones convencionales del cuerpo; A, posición fundamental, B, posición anatómica). (fuente: KINESIOLOGY scientific basis of human motion Katharine F. Wells Ph.D, Kathryn Luttgens, Ph.D)

6. Movimientos fundamentales de las secciones corporales más importantes del humano:

La posición de referencia para los siguientes movimientos es la anatómica.

*Movimientos en el plano sagital alrededor de un eje frontal-horizotal:*

**Flexión:** El ángulo en la articulación disminuye. Ejemplos: mover la cabeza hacia delante y hacia atrás, levantar la pierna hacia delante como para patear o levantar el brazo.

**Extensión:** El movimiento que se hace al regreso de la flexión.

**Hiperflexión:** Este movimiento se refiere solo al movimiento de la parte superior del brazo (en el húmero). Es considerada hiperflexión el hecho de que el brazo se flexione más allá de la vertical. En otras articulaciones la flexión se termina en el momento en que la sección del cuerpo que se mueve hace contacto con otra parte del cuerpo.

**Hiperextensión:** Es la continuación del movimiento de exstensión, más allá del punto de inicio o, mejor dicho, más allá de la línea recta (vertical por supuesto). Ejemplo: se dice que la hiperextensión de la totalidad del brazo tiene lugar cuando el brazo está extendido hacia atrás más allá del cuerpo.

**Reducción de la hiperextensión:** Movimiento de regreso al punto de inicio (o línea vertical) después de la hiperextensión.

*Movimientos en el plano frontal alrededor de un eje sagital-horizotal:*

**Abducción:** Movimiento hacia un lado y que se aleja del plano sagital. El término se usa con más frecuencia para los movimientos laterales del brazo que se alejan del tronco, así como los movimientos laterales de las piernas.

**Aducción:** Es el movimiento de regreso desde la abducción.

**Flexión lateral:** Se refiere al movimiento lateral de la cabeza o el tronco.

**Hiperabducción:** Este termino se refiere a la parte superior del brazo cuando éste se abduce más allá de la vertical.

**Hiperaducción:** Combinando un poco de flexión con hiperaducción, la parte superior del brazo se puede mover atravez del pecho así como la pierna se puede mover en frente y atrás (más allá) de la otra pierna que soporta el peso del cuerpo.

**Reducción de la hiperaducción:** Es el movimiento de regreso desde la hiperaducción.

**Reducción de la flexión lateral:** Es el movimiento de regreso desde la flexión lateral.

*Movimientos en el plano horizontal al rededor de un eje vertical:*

Movimientos vistos desde arriba del cuerpo humano y utilizando la posición fundamental.

**Rotación a la izquierda o a la derecha:** Se aplica a la rotación de la cabeza o cuello.

**Rotación hacia fuera (lateral) y hacia adentro (medial):** Se aplica a la rotación de las extremidades del cuerpo humano, como la del muslo o la parte superior del brazo (húmero), de tal manera que la parte anterior de la extremidad gira hacia adentro (por ejemplo cuando la totalidad del brazo derecho gira contra las manecillas del reloj) o hacia fuera.

**Supinación o pronación:** Es cuando el antebrazo gira hacia fuera (lateral) con el pulgar apuntando al vacío, en el primer caso y en el segundo, cuando gira hacia adentro (medial) con el pulgar apuntando al cuerpo.

**Reducción de la rotación hacia fuera y hacia adentro, así como de la supinación y pronación:** Es la rotación de regreso de los movimientos anteriores a la posición fundamental.

*Movimientos en un plano oblicuo y alrededor de un eje oblicuo:*

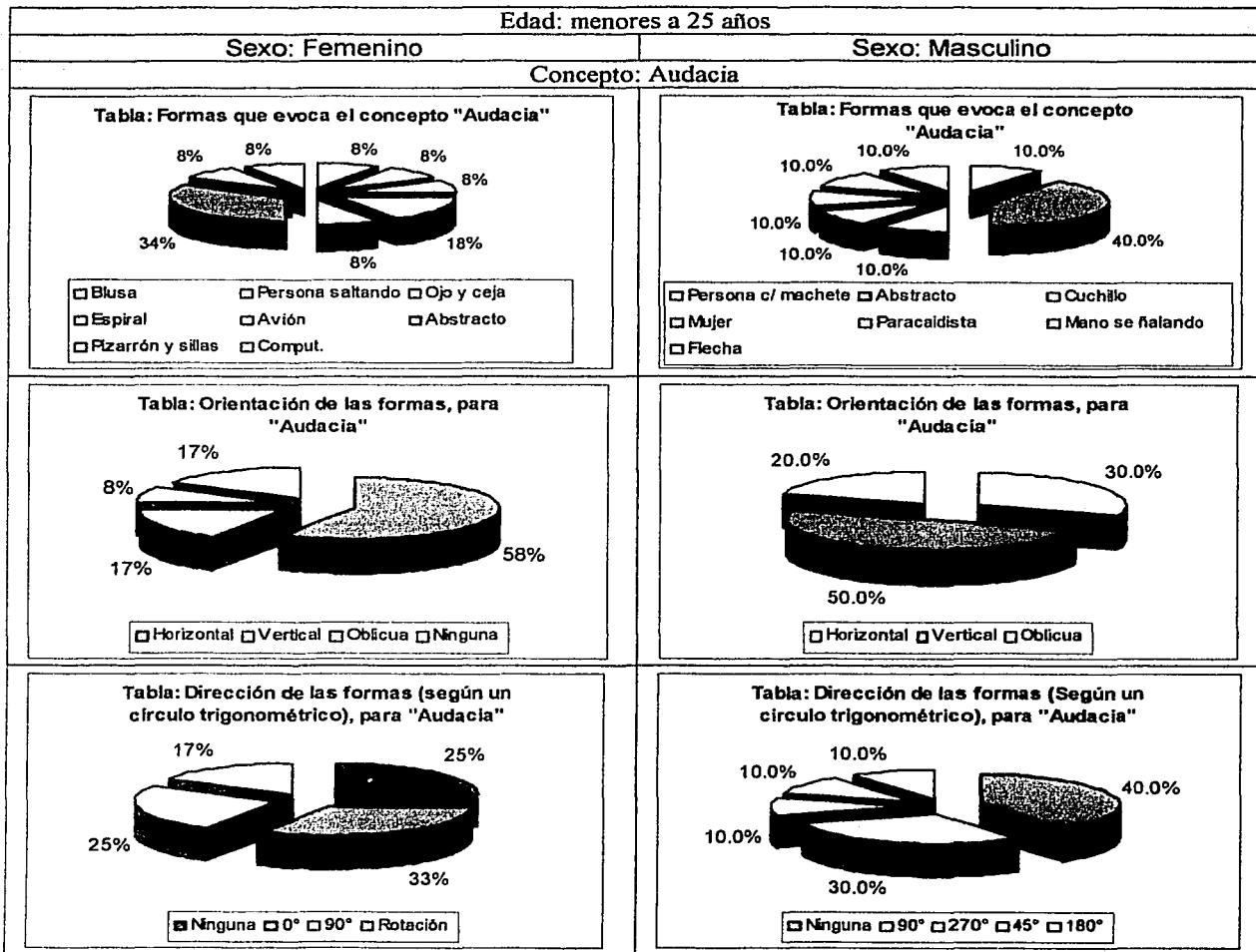
Muchos movimientos se llevan a cabo entre los planos sagital y frontal, el sagital y el horizontal y el frontal y el horizontal. Estos movimientos ocurren en planos y ejes oblicuos. Cualquiera que sea el grado de oblicuidad del plano en el que se efectúe un movimiento, el eje alrededor del cual se lleva a cabo este último es siempre perpendicular al plano. Se puede definir la oblicuidad de un plano por los grados que se desvía este de los planos fundamentales.

**Circunducción:** Es una secuencia de movimiento que ocurren en los planos sagital, frontal y planos oblicuos intermedios, de tal manera que la parte del cuerpo estudiada describe un cono.

Anexo II (Estética) Gráficos y tablas obtenidas de las encuestas realizadas

A continuación se muestra un ejemplo representativo de los gráficos obtenidos de la encuesta así como un ejemplo de las tablas derivadas de estos.

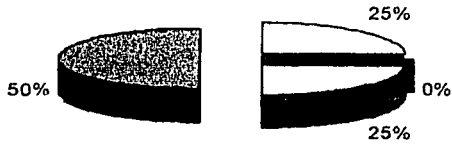
Gráficos :





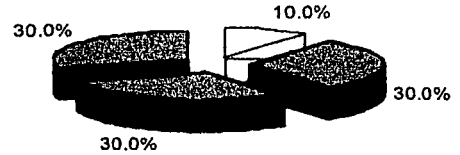
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla: Líneas Principales que componen las formas, para "Audacia"



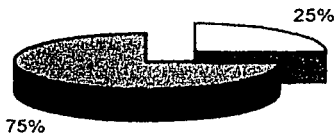
Formas geom. simples Rectas y curvas Rectas Curvas

Tabla: Líneas principales que componen las formas, para "Audacia"



Formas geom. simples Rectas y curvas Rectas Curvas

Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"



Simétrica No Simétrica

Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"



Simétrica No Simétrica

Tabla: Colores, para "Audacia"



Azul cielo ozono Rojo vino Naranja  
Café Verde Amarillo  
Morado Gris

Tabla: Colores, para "Audacia"



Gris Acero Azul Rojo Amarillo Blanco Negro

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

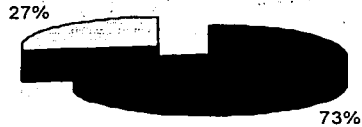
Edad: Entre 25 y 35 años

Sexo: Femenino

Sexo: Masculino

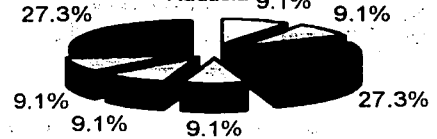
Concepto: Audacia

Tabla: Formas que evoca el concepto "Audacia"



■ Humano Haciendo Alguna Actividad □ Abstracto

Tabla: Formas que evoca el concepto "Audacia"



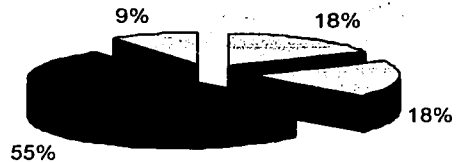
□ Anteojos                      □ Equipo de buceo  
 ■ Humano en algún aparato   □ Velero  
 □ Flecha                         □ Pico  
 ■ Abstracto

Tabla: Orientación de las formas, para "Audacia"



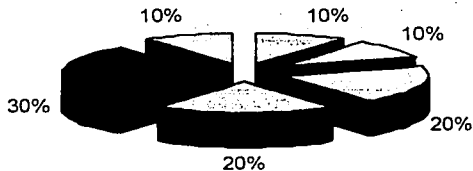
■ Horizontal □ Vertical □ Oblicua

Tabla: Orientación de las formas, para "Audacia"



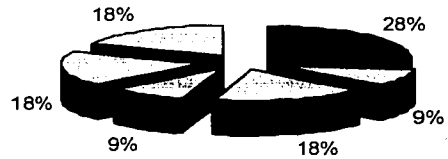
□ Horizontal □ Vertical ■ Oblicua □ Ninguna

Tabla: Dirección de las formas (Según un círculo trigonométrico), para "Audacia"



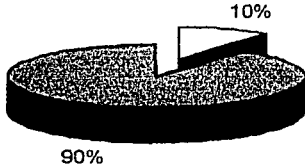
□ Ninguna □ 30° y 290° □ 45° □ 90° ■ 225° □ 270°

Tabla: Dirección de las formas (según un círculo trigonométrico), para "Audacia"



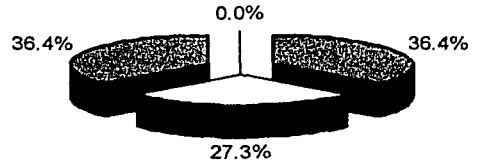
■ Ninguna □ 0° □ 45° □ 90° □ 180° □ 225°

Tabla: Líneas principales que componen las formas, para "Audacia"



Formas geom. simples Rectas y curvas

Tabla: Líneas principales que componen las formas, para "Audacia"



Formas geom. simples Rectas y curvas Rectas Curvas

Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"



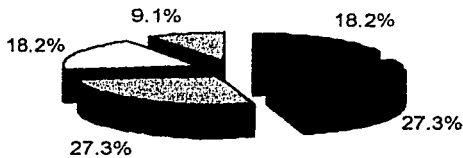
Simétrica No Simétrica

Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"



Simétrica No Simétrica

Tabla: Colores, para "Audacia"



Rojo Verde Azul Amarillo violeta

Tabla: Colores, para "Audacia"



Blanco Negro Rosa Morado Verde Rojo Fucsia Azul

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

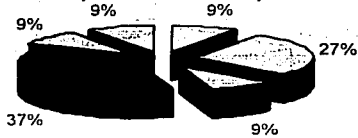
Edad: Mayor a 45 años.

**Sexo: Femenino**

**Sexo: Masculino**

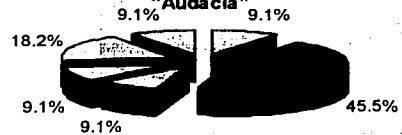
**Concepto: Audacia**

**Tabla: Formas que evoca el concepto "Audacia"**



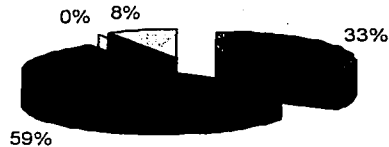
- Tigre
- Abstracto
- Diabolo
- Humano realizando alguna actividad
- Avión
- Foco

**Tabla: Formas que evoca el concepto "Audacia"**



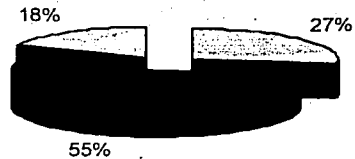
- Montaña y flecha
- Humano haciendo alguna actividad
- Reloj
- Aguilas y vanderas
- Abstracto
- Espada

**Tabla: Orientación de las formas, para "Audacia"**



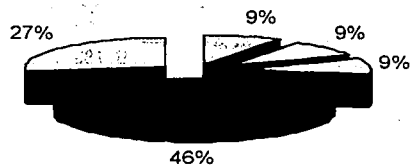
- Horizontal
- Vertical
- Oblicua
- Ninguna

**Tabla: Orientación de las formas, para "Audacia"**



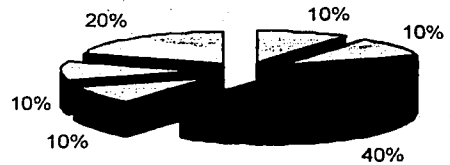
- Horizontal
- Vertical
- Oblicua

**Tabla: Dirección de las formas (Según un círculo trigonométrico), para "Audacia"**



- Ninguna
- 0°
- 45°
- 90°
- 180°

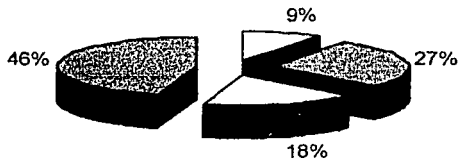
**Tabla: Dirección de las formas (Según un círculo trigonométrico), para "Audacia"**



- Ninguna
- 0°
- 90°
- 180°
- 315°
- 45°

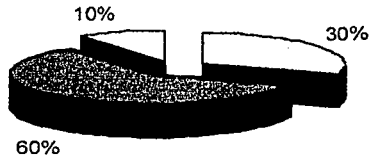
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**Tabla: Líneas principales que componen las formas, para "Audacia"**



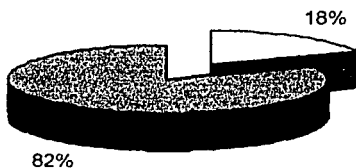
Formas geom. simples   Rectas y curvas   Rectas   Curvas

**Tabla: Líneas principales que componen las formas, para "Audacia"**



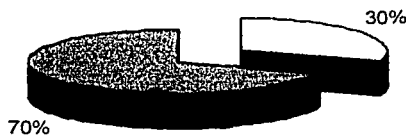
Formas geom. simples   Rectas y curvas   Curvas

**Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"**



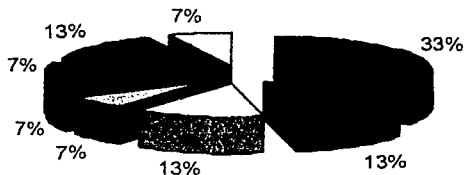
Simétrica   No Simétrica

**Tabla: Simetría de las formas, para "Audacia"**



Simétrica   No Simétrica

**Tabla: Colores, para "Audacia"**



Rojo   Negro   Blanco   Gris   Café   Verde   Azul   Amarillo

**Tabla: Colores, para "Audacia"**



Naranja   Blanco   Rojo   Verde   Azul

Tablas derivadas de los gráficos anteriores:

Concepto: <b>Audacia</b> Edad: menores a 25 años.	Porciones más representativas (en porcentajes)		Interpretación
	Mujeres	Hombres	
<i>Formas que evoca el concepto</i>	Abstracto: <b>34%</b> Espiral: <b>18%</b>	Abstracto: <b>40%</b>	La mayoría de hombres y mujeres asocian este concepto, con formas abstractas.
<b>Orientación de las formas</b>	Horizontal: <b>48%</b>	Vertical: <b>50%</b>	La mayoría de las mujeres asocian este concepto con una orientación horizontal. En tanto que la gran mayoría de los hombres, lo asocian con una orientación vertical.
<b>Dirección de las formas, en grados</b>	Alguna dirección: <b>75%</b> 0°: <b>33%</b>	Alguna dirección: <b>60%</b> 90°: <b>30%</b>	Para la gran mayoría de las mujeres es importante mostrar en sus dibujos alguna dirección cualquiera, con una tendencia importante a dibujar con una dirección aproximada a los 0°. De igual manera, para los hombres es importante mostrar en sus dibujos alguna dirección cualquiera pero con una importante tendencia a dibujar con una dirección de 90°.
<b>Líneas principales que componen las formas</b>	Líneas curvas: <b>50%</b>	Rectas y curvas: <b>30%</b> Líneas curvas: <b>30%</b> Líneas rectas: <b>30%</b>	La mayoría de las mujeres prefirió representar este concepto a base de puras líneas curvas. En tanto que para los hombres el tipo de líneas y formas utilizadas para representar este concepto puede ser muy variado.
<b>Simetría de las formas</b>	Asimétricas: <b>75%</b>	Simétricas: <b>60%</b>	La gran mayoría de las mujeres realizó dibujos asimétricos. En tanto que la gran mayoría de los hombres realizó dibujos simétricos.
<b>Colores</b>	Rojo: <b>26%</b> Naranja y azul: <b>17%</b> c/u	Rojo, azul, blanco y grises metálicos: <b>20%</b> c/u	Los colores más representativos que escogieron las mujeres fueron el rojo, el naranja y el azul. Los colores más representativos escogidos por los hombres fueron el rojo, el azul, el blanco y los grises metálicos.

**Conclusión.**

En el caso de las mujeres, un diseño que muestre "audacia" debe:

- Ser de forma abstracta.
- Tener una orientación horizontal.
- Mostrar alguna dirección y de preferencia que esta sea de 0°.
- Estar compuesto por puras líneas curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color rojo, naranja o azul.

En el caso de los hombres, un diseño que muestre "audacia" debe:

- Ser de forma abstracta.
- Tener una orientación vertical.
- Mostrar alguna dirección y de preferencia que esta sea de 90°.
- Estar compuesto por cualquier tipo de líneas, excepto por formas geométricas simples.
- Ser simétrico.
- Ser de color rojo, azul, blanco o de color gris metálico.

Un diseño para ambos sexos, que muestre "audacia" debe:

- Estar compuesto por puras líneas curvas.
- Tener alguna dirección.
- Estar compuesto por formas abstractas.
- Ser de color rojo o azul.

Concepto: <b>Audacia</b> Edad: entre 24 y 35 años.	Porciones más representativas (en porcentajes)		Interpretación
	Mujeres	Hombres	
<b>Formas que evoca el concepto</b>	Humanos en alguna actividad: 73%	Humanos en alguna actividad y formas abstractas: 27.3% c/u	La gran mayoría de las mujeres dibujaron formas en las cuales aparecen humanos haciendo alguna actividad. Los hombres en dos porciones más representativas iguales, dibujaron humanos realizando alguna actividad, así como formas abstractas.
<b>Orientación de las formas</b>	Horizontal: 46%	Oblicua: 55%	La mayoría de las mujeres realizaron dibujos con orientación <i>horizontal</i> . En tanto la gran mayoría de los hombres mostraron una preferencia hacia una orientación <i>oblicua</i> .
<b>Dirección de las formas, en grados</b>	Alguna dirección: 90% 22.5°: 30%	Alguna dirección: 72%	Para la gran mayoría de las mujeres es importante mostrar alguna dirección para este concepto, la dirección puede ser cualquiera aunque con una tendencia mayor hacia los 22.5°. Para la mayoría de los hombres es importante mostrar alguna dirección para este concepto, la dirección puede ser cualquiera que entre en los 3 primeros cuadrantes del círculo trigonométrico, en contra sentido de las manecillas del reloj.
<b>Líneas principales que componen las formas</b>	Rectas y curvas: 90%	Rectas y curvas: 36.4% Líneas curvas: 36.4%	Las mujeres realizaron en su gran mayoría dibujos compuestos con una mezcla de <i>rectas y curvas</i> . Los hombres, en su mayoría, realizaron en porciones representativas iguales, dibujos compuestos por una mezcla de <i>rectas y curvas</i> , así como dibujos compuestos solamente por <i>curvas</i> .
<b>Simetría de las formas</b>	Asimétricas: 60%	Asimétricas: 55%	Tanto la mayoría de las mujeres como la de hombres, realizaron dibujos asimétricos.
<b>Colores</b>	Verde y azul: 27.3% c/u.	Verde, negro y blanco: 18.2% c/u.	Los colores más representativos que escogieron las mujeres fueron, el <i>verde</i> y el <i>azul</i> . Los escogidos por los hombres fueron el <i>verde</i> , el <i>negro</i> y el <i>blanco</i> .

**Conclusión.**

En el caso de la mayoría de las mujeres, un diseño que muestre "audacia" debe:

- Evocar a humanos realizando alguna actividad.
- Mostrar una orientación horizontal
- Mostrar alguna dirección, de preferencia, de 22.5°.
- Estar compuesto por una combinación de rectas y curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color verde o azul.

En el caso de la mayoría de los hombres, un diseño que muestre "audacia" debe:

- Evocar, de preferencia, a humanos realizando alguna actividad o formas abstractas.
- Tener una orientación oblicua.
- Mostrar alguna dirección.
- Estar compuesto por una combinación de líneas rectas y curvas o por solamente curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color verde, negro o blanco.

Un diseño para ambos sexos, que muestre "audacia" debe:

- Evocar a seres humanos realizando alguna actividad.
- Mostrar alguna dirección.
- Estar compuesto por una combinación de líneas rectas y curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color verde.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Concepto: <b>Audacia</b> Edad: Mayor a 45 años.	Porciones más representativas (en porcentajes) *		Interpretación
	Mujeres	Hombres	
<b>Formas que evoca el concepto</b>	Humanos en alguna actividad: <b>37%</b> Abstracto: <b>27%</b>	Humanos en alguna actividad: <b>48.5%</b> Abstracto: <b>18.2%</b>	Tanto la mayoría de las mujeres como la de los hombres, asocian este concepto con seres humanos realizando alguna actividad.
<b>Orientación de las formas</b>	Vertical: <b>59%</b> Horizontal: <b>33%</b>	Vertical: <b>55%</b> Horizontal: <b>27%</b>	Tanto la mayoría de las mujeres como la de los hombres realizaron dibujos con orientación vertical.
<b>Dirección de las formas, en grados</b>	Alguna dirección: <b>91%</b> 90°: <b>46%</b> 180°: <b>27%</b>	Alguna dirección: <b>90%</b> 90°: <b>40%</b> 45°: <b>20%</b>	Tanto para la gran mayoría de las mujeres como para la de los hombres es importante representar una dirección y de preferencia que esta sea de 90°.
<b>Líneas principales que componen las formas</b>	Curvas: <b>46%</b> Rectas y curvas: <b>27%</b>	Rectas y curvas: <b>60%</b> Formas Geom. simples: <b>30%</b>	Las mujeres realizaron en su mayoría dibujos compuestos por líneas curvas. En tanto que la mayoría de los hombres realizaron dibujos compuestos por líneas curvas y rectas.
<b>Simetría de las formas</b>	Asimétricas: <b>82%</b>	Asimétricas: <b>70%</b>	Tanto la gran mayoría de las mujeres como la de hombres, realizaron dibujos asimétricos.
<b>Colores</b>	Rojo: <b>33%</b> Negro, blanco y azul: <b>13%</b>	Verde, azul, rojo y naranja: <b>22.2%</b>	Los colores más representativos que escogieron las mujeres fueron, el rojo, seguido por el negro, el blanco y el azul. Los escogidos por los hombres fueron el verde, azul, rojo y naranja.

**Conclusión.**

**En el caso de la mayoría de las mujeres, un diseño que muestre "audacia" debe:**

- Evocar a humanos realizando alguna actividad.
- Mostrar una orientación vertical.
- Mostrar alguna dirección, de preferencia de 90°.
- Estar compuesto por líneas curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color rojo, o como segunda opción, de color negro, blanco o azul.

**En el caso de la mayoría de los hombres, un diseño que muestre "audacia" debe:**

- Evocar, a humanos realizando alguna actividad.
- Tener una orientación vertical.
- Mostrar alguna dirección, de preferencia de 90°.
- Estar compuesto por una combinación de líneas rectas y curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color verde, azul, rojo o naranja.

**Un diseño para ambos sexos, que muestre "audacia" debe:**

- Evocar a seres humanos realizando alguna actividad.
- Mostrar una orientación vertical.
- Mostrar alguna dirección, de preferencia de 90°.
- Estar compuesto por una combinación de líneas rectas y curvas pero con tendencia mayor hacia las curvas.
- Ser asimétrico.
- Ser de color rojo, o azul, como segunda opción.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Agati Pierre y Mattera Nicolas: "Mécanique 1<sup>re</sup>F", collection Durrande, Paris, Ed. Bordas, 1984, ISBN 2-04-015915-0.
- J. Bueche Frederick : "Física General", Séptima edición en inglés ( Segunda edición en español), México, Ed. McGRAW-HILL, 1982, ISBN 968-451-330-5.
- F. Wells Katharine, Ph.D. y Lutgens Kathryn, Ph.D.: "Kinesiology, scientific basis of human motion" , 6<sup>TH</sup> EDITION, Philadelphia, London, Toronto, Ed. W. B. SAUNDERS COMPANY, 1976, ISBN 0-7216-9218-4.
- Le Veau Barney: "Biomecánica del movimiento humano", de Williams y Lissner, México, Ed. Trillas, 1991, ISBN 968-24-3308-8.
- Kroemer Karl, Kroemer Henrike y Katrin Kroemer-Elbert: "Ergonomics, How to design for ease and efficiency ", Englewood Cliffs, NJ 07632, Ed. PRENTICE HALL, 1994, ISBN 0-13-278359-2.
- Dr. Quiroz Gutierrez Fernando: "Anatomía Humana, Tomo1", Sexta edición corregida y aumentada, México, D.F., Ed. Porua, 1970.
- T. Foster Walter: "Anatomy, anatomy for students and teachers", Tustin, California, U.S.A, Ed. Walter Foster Art Books.
- Gerling Heinrich : "Alrededor de las máquinas-herramientas", Tercera edición, Barcelona, España, Ed. Reverté, 1997, ISBN 84-291-6049-3.
- M.F.Spotts y T.E.Shoup:"Elementos de máquinas", séptima edición, México, Ed. Prentice Hall, 1999, ISBN 970-17-0252-2.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN