

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA  
AYUDAR A LA MARCHA DE NIÑOS AFECTADOS CON  
PATOLOGÍAS NEUROMUSCULARES”

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Paredes, Argenis  
Para optar al Título  
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2005

# TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA  
AYUDAR A LA MARCHA DE NIÑOS AFECTADOS CON  
PATOLOGÍAS NEUROMUSCULARES”

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Othman Falcón.

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Paredes, Argenis  
Para optar al Título  
de Ingeniero Mecánico

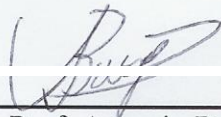
Caracas, 2005

Caracas, Junio de 2005

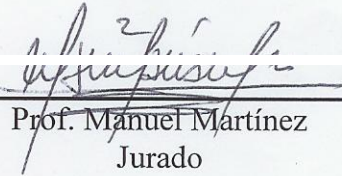
Los abajo firmantes miembros del jurado designado por el consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el trabajo especial de grado presentado por el bachiller Argenis R. Paredes B., titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA AYUDAR A LA MARCHA DE NIÑOS AFECTADOS CON PATOLOGÍAS NEUROMUSCULARES”**

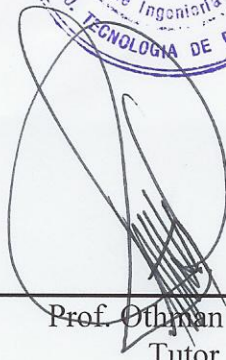
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al título de ingeniero mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores.



Prof. Antonio Barragán  
Jurado



Prof. Manuel Martínez  
Jurado



Prof. Othman Falcón  
Tutor

## INDICE

---

Dedicatoria .....	4
Agradecimientos .....	5
Resumen .....	6
Introducción .....	7
CAPITULO 1	
“Principales patologías que ameritan uso de una andadera” .....	9
CAPITULO 2	
“Tipos de andaderas y sus aplicaciones” .....	24
CAPITULO 3	
“Parámetros de diseño” .....	33
CAPITULO 4	
“Características del modelo propuesto” .....	41
CAPITULO 5	
“Cálculos” .....	50
CAPITULO 6	
“Diseño de una línea de producción” .....	75
CAPITULO 7	
“Conclusiones y recomendaciones” .....	106
Bibliografía .....	109
Apéndice .....	110
“Datos del aluminio 6063, del polietileno y del adhesivo” .....	111
Planos .....	115

---

## DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia: mis hijos y mi esposa, mis padres, mis hermanos, mis sobrinos, mis cuñados, mis suegros. Familia sin la cual nunca hubiera logrado dar este importante paso en mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Jehová Dios por darme la familia que tengo.

A mis hijos; por ser la mayor fuente de estímulo.

A mi esposa; por su gran amor y fidelidad.

A mis padres; por servirme de apoyo toda mi vida desinteresadamente.

A mis hermanos(as); por haber contado con ellos en los momentos más difíciles.

A mis sobrinos(as); por ser tan respetuosos y cariñosos.

A mis cuñados(as); por haberme ayudado como buenos amigos.

A mis suegros; por haberme recibido como uno más de la familia.

Paredes B., Argenis R.

## “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA AYUDAR A LA MARCHA DE NIÑOS AFECTADOS CON PATOLOGÍAS NEUROMUSCULARES”

Tutor Académico: Prof. Ing. Othman Falcón. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2005. 138 páginas.

### Andadera Plegable, Línea de Producción

En el presente trabajo se efectuó el diseño y la construcción de una andadera infantil plegable, económica, liviana, de apoyo posterior y de buena apariencia. Durante el desarrollo del proyecto se debió construir 3 veces el prototipo mientras se fueron descartando unas variables y aprobando otras a medida que se observaba que el modelo se acercaba a los objetivos planteados. La construcción se efectuó en las instalaciones de la empresa universitaria CORPOREA U.C.V., C.A..

También se efectuaron los cálculos que nos sirven de soporte para comprobar que la estructura es lo suficientemente segura al ser verificada por las más importantes teorías de fallas tales como: Esfuerzo Cortante Máximo, Esfuerzo Normal Máximo, Pandeo de Columnas, Deflexión Máxima y Esfuerzos Combinados aplicándole un factor de seguridad de 2. Asimismo, se efectuó un estudio económico para una línea de producción del mecanismo en series de 12 unidades.

Ahora dispondremos de un mecanismo de ayuda a la marcha de los niños con discapacidad derivada de patologías neuromusculares que puede llegar a desplazar del mercado otros existentes si sabemos que tendrá entre otras ventajas: el ser completamente plegable (tipo paraguas), de apoyo posterior (acelera recuperación) y económica (comparada con los ejemplares importados).

## INTRODUCCIÓN

En el tratamiento de la parálisis cerebral, ocupa un lugar muy importante la fisioterapia, pues cabe acotar que el normal desarrollo de un menor depende a su vez del desarrollo de su capacidad para moverse.

Es aquí donde surge la necesidad que motiva el diseño y la construcción de un dispositivo para ser usado en esa fisioterapia que antes se mencionó. Una andadera viene a cubrir una necesidad material existente en el Hospital Ortopédico Infantil, más aún si sabemos que a pesar de la imperiosa necesidad de un producto como este, simplemente no se consigue a un precio moderado o no cumple con las exigencias propias de la discapacidad. La andadera referida en nuestro trabajo es un diseño único, es decir, que no estamos hablando de un rediseño sino de un prototipo 100% original que cubrirá ciertos requerimientos que explicaremos más adelante.

El Hospital Ortopédico Infantil es una institución en la cual se atiende una población infantil, mayoritariamente con una edad comprendida entre los 3 y los 12 años, donde reciben entre otras cosas terapias de rehabilitación y es aquí donde la andadera cumpliría una labor muy importante.

Una de las metas planteadas en el proyecto fue procurar que su construcción fuera lo más sencilla posible y efectivamente lo logramos ya que la andadera en cuestión es completamente desarmable (las uniones son con tornillos y tuercas) y en su proceso de fabricación se evitó el uso de una fresadora, así como el doblado de tubos o pletinas ni la soldadura de estos ya que su costo tendería a elevarse enormemente.

La realización de este diseño persigue varios objetivos: el primero de ellos es dotar a la institución antes mencionada de esa andadera y permitir que los niños que la requieran puedan gozar de los beneficios que ella brinda. En segundo lugar crear un producto venezolano de bajo costo, así como de fácil fabricación y que reemplace otros prototipos ya existentes. Al ser de bajo costo permite que sus beneficios lleguen a un mayor número de niños al poder ser adquirido por familias de recursos moderados. Al ser de fácil fabricación permite que su construcción se pueda llevar a cabo sin una maquinaria especializada o una inversión astronómica.



Al disponer de un estudio económico y de la metodología para la construcción masiva de andaderas en serie se abren las puertas para la apertura de una microempresa en el país donde con una inversión moderada se logre producir este producto que como dijéramos antes cumpliría una labor social.

# CAPITULO 1

## PRINCIPALES PATOLOGÍAS QUE AMERITAN USO DE UNA ANDADERA

## PRINCIPALES DEFINICIONES

Definiciones de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud:

**DEFICIENCIA:** Toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica.

**DISCAPACIDAD:** Cualquier restricción o impedimento para la realización de una actividad, ocasionados por una deficiencia, dentro del ámbito considerado normal para el ser humano. Las discapacidades físicas presentan movilidad limitada debido principalmente a, parálisis cerebral, secuelas de poliomielitis, paraplejia, cuadriplejia, distrofia muscular y discapacidades de movilidad pasajera.

**MINUSVALIA:** Una situación desventajosa para una determinada persona, consecuencia de una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso (en función de la edad, sexo, factores sociales y culturales).

La minusvalía está por consiguiente, en función de la relación entre las personas con discapacidad y su ambiente. Ocurre cuando dichas personas se enfrentan a barreras culturales, físicas o sociales que les impiden el acceso a los diferentes sistemas de la sociedad, que están a disposición de los demás ciudadanos. La minusvalía es, por tanto, la pérdida o la limitación de las oportunidades de participar en la vida de la comunidad en igualdad con los demás.

**PARÁLISIS CEREBRAL:** Trastorno del movimiento y de la postura debido a un defecto o lesión del cerebro inmaduro.

## ASPECTOS BASICOS PARA LA ATENCION A PERSONAS CON MOVILIDAD LIMITADA

1. - INTRODUCCIÓN: Las personas con movilidad limitada son claramente visibles al resto de la comunidad. Como requieren de aparatos que sirven para suplir una función perdida o disminuida, como sillas de ruedas, muletas, bastones, andaderas, etc. la mayoría de la gente los trata de ayudar a salvar los obstáculos que se le presentan en el camino. Sin embargo, el discapacitado físico debe ser consultado de la manera en que se le puede ayudar, y sobre todo, las adecuaciones para su movilidad y los lugares especiales para su desplazamiento deben ser respetados. A continuación se muestra el símbolo que se encuentra en los lugares específicos para ellos.



Figura N° 1: Símbolo para denotar uso de minusválidos.

2. - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS: Las personas con movilidad limitada son aquellas cuyo desplazamiento es diferente al de las demás personas y que, en muchos de los casos, requieren de apoyos especiales, unas veces visibles y otras no.

En los casos en que este apoyo es evidente se les reconoce por una silla de ruedas, bastones, muletas, andaderas, y en los apoyos que no se pueden ver, algunas órtesis y prótesis (aparatos ortopédicos o piernas postizas, etc.), o cuando la persona no usa ningún apoyo se nota que su desplazamiento es más lento y difícil.

3. - CAUSAS: La movilidad limitada la ocasionan diferentes enfermedades, secuelas o lesiones. Muchas veces solamente vemos a una persona en silla de ruedas, muletas

o bastón y creemos que es un problema físico únicamente. Sin embargo los problemas que ocasionan que una persona tenga movilidad limitada son muy diversos.

Los problemas de la médula espinal ocasionan que las personas tengan movilidad limitada de dos de sus miembros o de los cuatro miembros, superiores e inferiores. La parálisis cerebral impide que la información de movimiento llegue correctamente del cerebro a los miembros, la deficiencia mental profunda, la esclerosis múltiple, la fractura de algún hueso de los miembros inferiores. Estas personas necesitan diferentes apoyos y con diversas características.

4. - ESTRATEGIAS E INSTRUMENTOS DE APOYO: Los apoyos que estas personas requieren son muy variados y dependen de las partes afectadas y la severidad de las mismas. Su principal problema es que la mayoría de ellas tienen poca estabilidad y pierden el equilibrio fácilmente. Muchas tienen problemas con escaleras, escalones, banquetas y pisos irregulares (encerados, húmedos, empedrados, césped, algunos tipos de alfombra, etc.)

A continuación se muestra un cuadro a manera de resumen de las diferentes secuelas o lesiones de las cuales se derivan el uso de una diversidad de apoyos.

Los más comunes son los siguientes:

NOMBRE	CAUSA MÁS COMÚN	SECUELAS	APOYOS
Monoplejía, o monoparecia	Múltiple	Afecta a un solo miembro	Férulas, órtesis
<i>Hemiplejía o hemiparecia</i>	<i>Embolia, trombosis, hemorragia cerebral, parálisis cerebral</i>	<i>Los dos miembros de un solo lado</i>	<i>Andadera, bastón</i>

NOMBRE	CAUSA MÁS COMÚN	SECUELAS	APOYOS
Paraplejia o paraparecia	Accidentes	Los miembros inferiores	Silla de ruedas
Tiplejia o triparecia	Múltiples	Afecta tres miembros. En la parálisis se suma generalmente la pérdida de sensibilización	Diversos
Cuadriplejia o cuadriparecia, diaplejía o disparecia	Múltiples	Afecta a los cuatro miembros. En la parálisis se suma generalmente la pérdida de la sensibilidad	Silla de ruedas
<i>Distrofia muscular</i>	<i>Falta de tono muscular (falta de fuerza en los músculos)</i>	<i>Afecta a todos los músculos progresivamente.</i>	<i>Andadera, muletas y finalmente silla de ruedas</i>
Poliomielitis	Viral	Puede afectar desde uno a los cuatro miembros y en algunos casos hasta el sistema respiratorio	Zapatos y aparatos ortopédicos, muletas, bastones y silla de ruedas
Esclerosis múltiple	Parálisis progresiva	Inicialmente afecta un miembro hasta que la parálisis es total	Muletas, bastones, silla de ruedas
Amputación	Infecciones, diabetes, etc.	Puede afectar a cualquiera de los miembros, parcial o totalmente	Prótesis (piernas o brazos postizos), silla de ruedas

NOMBRE	CAUSA MÁS COMÚN	SECUELAS	APOYOS
De origen congénito	Malformaciones de antes del nacimiento. Se dan también casos de amputaciones congénitas	Puede afectar a cualquiera de los miembros (manos, pies e inclusive dedos)	Aparatos ortopédicos (órtesis o prótesis), muletas, bastones, silla de ruedas
<i>Parálisis cerebral</i>	<i>Resulta de problemas antes, en el momento o después del nacimiento</i>	<i>Puede afectar miembros inferiores y/o superiores</i>	<i>Bastones, muletas, férulas, andaderas, silla de ruedas y aparatos ortopédicos</i>

## PRINCIPALES PATOLOGÍAS QUE AMERITAN USO DE UNA ANDADERA

1. - DISTROFIAS MUSCULARES: Las distrofias musculares son desórdenes genéticos que se caracterizan por el deterioro y debilidad progresivos de los músculos, que inician con cambios microscópicos en los músculos. A medida que los músculos se degeneran a través del tiempo, la fuerza muscular de la persona disminuye.

En la DMD (Distrofia muscular de Duchenne), los niños varones empiezan a mostrar signos de debilidad muscular ya a los 3 años de edad. La enfermedad debilita gradualmente los músculos voluntarios o esqueléticos, es decir, los músculos de los brazos, piernas y del tronco. A principios de la adolescencia o antes, los músculos respiratorios y del corazón de los niños varones pueden verse afectados también.

La BMD (Distrofia muscular de Becker) es una versión mucho menos severa de la DMD. Su inicio ocurre generalmente en la adolescencia o edad adulta joven y el curso es más lento y mucho menos predecible que el de la DMD. Aunque la DMD y la BMD afectan casi exclusivamente a varones, en algunos casos pueden afectar a personas de sexo femenino.

ORIGEN DE LAS DISTROFIAS MUSCULARES: En 1986, los investigadores identificaron un gen que, al estar defectuoso ocasiona la DMD. En 1987, se identificó la proteína asociada a este gene y se la denominó *distrofina*.

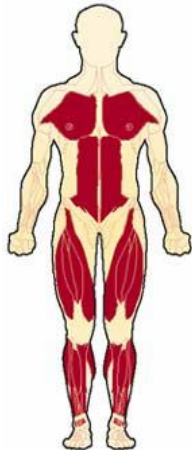


Figura 2: En las etapas tempranas, las distrofias musculares de Duchenne y de Becker afectan los músculos pectorales (que mueven a los hombros hacia atrás), los del tronco y la parte superior e inferior de las piernas. Estas debilidades hacen que sea difícil incorporarse, subir escaleras y mantener el equilibrio.



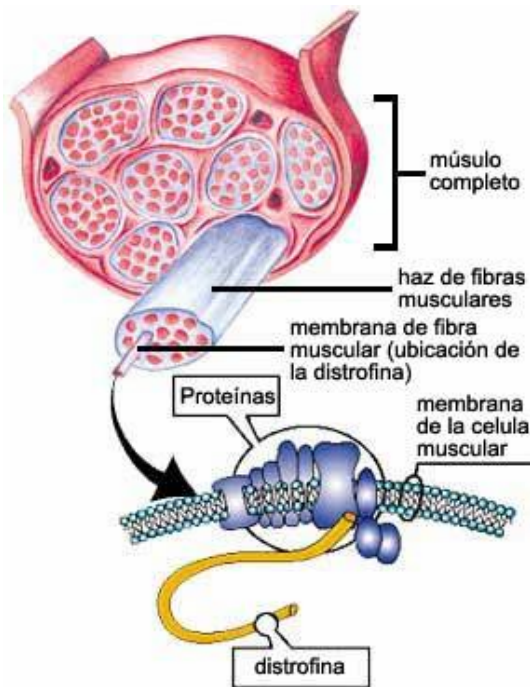


Figura 3: Los músculos se componen de haces de fibras (células). Un grupo de proteínas interdependientes a lo largo de la membrana que rodea cada fibra ayuda a mantener a las células musculares funcionando adecuadamente. Cuando falta una de estas proteínas, la distrofina, el resultado es la distrofia muscular de Duchenne; si la distrofina es insuficiente o inadecuada, el resultado es la distrofia muscular de Becker.

DMD: El curso de la DMD es bastante predecible. Los niños que presentan el desorden muchas veces aprenden a caminar tardíamente. En los niños que empiezan a caminar, los padres podrán darse cuenta de un agrandamiento de los músculos de las pantorrillas o sea, una *seudo hipertrofia*.

Un niño de edad preescolar con DMD puede parecer torpe y puede caerse con frecuencia. Al poco tiempo, tiene problemas para subir escaleras, levantarse del suelo o para correr.

Al llegar a la edad escolar, el niño posiblemente camine sobre los dedos o la punta del pie, presentando una marcha un tanto rodante. Su marcha es insegura y se contonea y puede caerse con facilidad. Para tratar de mantener su equilibrio, saca su barriga y empuja los hombros hacia atrás. Asimismo, tiene dificultad para levantar los brazos.

Casi todos los niños con DMD dejan de caminar entre los 7 y los 12 años de edad. En los años de la adolescencia, las actividades que involucran los brazos, las piernas o el tronco requieren de ayuda o de apoyo mecánico.

BMD: Muchas veces no se hace el diagnóstico de distrofia muscular de Becker sino hasta la adolescencia o aun la edad adulta, posiblemente cuando un joven se da cuenta que no puede mantenerse a la par de los demás en sus clases de educación física o en

el entrenamiento militar. Para compensar sus músculos debilitados, el joven empieza a caminar contoneándose, camina sobre los dedos del pie o saca el abdomen.

Tal como en el caso de la distrofia de Duchenne, el patrón de pérdida muscular en la BMD empieza con las caderas y el área de la pelvis, los muslos y los hombros. Pero en la BMD, la cantidad de degeneración muscular varía mayormente de una persona a otra. Algunos hombres requieren sillas de rueda en su tercera década de vida o después, mientras que otros pueden hacer las cosas durante muchos años con pequeñas ayudas, tales como bastones.

TRATAMIENTOS PARA LA DISTROFIA MUSCULAR: existen varios tratamientos para la distrofia muscular, entre los que podemos mencionar:

a) Contracturas: El impacto de la DMD y la BMD puede minimizarse significativamente manteniendo al cuerpo lo más flexible, derecho y móvil que sea posible. Sin embargo, hay muchas formas de minimizar y posponer el desarrollo de contracturas. *Los ejercicios para el rango de movimiento* realizados con un horario regular ayudan a retardar las contracturas, evitando que los tendones se acorten de manera prematura. Es importante que un terapeuta físico le muestre cómo hacer de manera correcta los ejercicios para el rango de movimiento.

b) Curvaturas de la Columna: En hombres jóvenes con DMD, la columna vertebral puede adoptar gradualmente una forma curva. La columna puede curvarse de lado a lado (*escoliosis*) o hacia delante en forma de "joroba" (*cifosis*). La curvatura de "columna hundida" que se observa a veces en aquellos que aún caminan, se llama *lordosis*. Los ejercicios para mantener la espalda lo más derecha posible y consejos acerca de las posiciones para sentarse y dormir puede proporcionarlos un terapeuta físico.

c) Medicamentos: Aunque todavía no existe una forma de detener o de invertir la degeneración muscular de la DMD o BMD, hay algunos medicamentos que pueden retardarla durante un tiempo.

d) Ortosis, Andaderas y Sillas de Rueda: Las *ortosis* o soportes apoyan el tobillo y el pie o se extienden sobre la rodilla. Las ortosis de los tobillos y pies se recetan a veces para usarse durante la noche, para evitar que el pie apunte hacia abajo mientras duerme el niño.

Estar de pie varias horas durante el día, aun soportando el mínimo de peso, fomenta una mejor circulación, huesos más sanos y una columna recta. Una *andadera para estar de pie o un marco para pararse* puede ayudarle a una persona con DMD o BMD a estar de pie. Algunas sillas de rueda pueden inclinarse de manera que la persona pueda estar de pie.

2. - PARÁLISIS CEREBRAL: Es un término abarcador usado para describir a un grupo de trastornos crónicos que aparecen durante los primeros años de vida, los cuales disminuyen el control de movimiento, y que por lo general, no empeoran con el tiempo. El termino cerebral se refiere a las dos mitades del cerebro, o hemisferios, y parálisis describe cualquier trastorno que limite el control del movimiento del cuerpo. Por lo tanto, estos trastornos no son causados por problemas en los músculos o nervios. Al contrario, el desarrollo defectuoso o daño en las áreas motoras del cerebro interrumpen la capacidad del cerebro para controlar adecuadamente el movimiento y la postura.

Los síntomas de la parálisis cerebral son de severidad variable. Un individuo con parálisis cerebral puede encontrar difícil el hacer tareas motoras finas, como escribir o cortar con tijeras; además, puede experimentar dificultades manteniendo su equilibrio y caminando; o puede ser afectado por movimientos involuntarios, como retorcimiento incontrolable de las manos y babear. Los síntomas difieren de una persona a otra y también pueden cambiar en el individuo con el tiempo. Actualmente

ésta no puede ser curada, aunque la investigación científica sigue buscando mejores tratamientos y métodos de prevención.

#### CLASIFICACIÓN SEGÚN LA PATOLOGÍA:

Parálisis cerebral espástica: En esta forma de parálisis que afecta de 70 a 80 por ciento de los pacientes, los músculos están rígidos y contraídos permanentemente. Los individuos pueden experimentar temblores hemiparéticos, en los cuales sacudidas incontrolables afectan las extremidades de un solo lado del cuerpo.

Parálisis cerebral discinética (Atetosis): Esta forma de parálisis cerebral se caracteriza por movimientos retorcidos lentos e incontrolables. Estos movimientos anormales afectan las manos, los pies, los brazos o las piernas y en algunos casos los músculos de la cara y la lengua, causando el hacer muecas o babear. Los pacientes pueden tener problemas coordinando los movimientos musculares necesarios para el habla. La parálisis cerebral atetoide afecta aproximadamente de 10 a 20 por ciento de los pacientes.

Parálisis cerebral atáctica: Esta forma rara afecta el equilibrio y la coordinación. Las personas afectadas caminan inestablemente con un modo de caminar muy amplio, poniendo los pies muy separados uno del otro, y experimentan dificultades cuando intentan movimientos rápidos y precisos como el escribir o abotonar una camisa. Se estima que la forma atáctica afecta de 5 a 10 por ciento de los pacientes con parálisis cerebral.

#### CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS EXTREMIDADES AFECTADAS:

Cuadruplejía: Las cuatro extremidades están más o menos igualmente afectadas.

Diplejía: Las piernas están más afectadas que los brazos.

Hemiplejía: Está afectado principalmente un solo lado del cuerpo.

Paraplejia: Están afectadas ambas piernas.

Monoplejia: Sólo está afectada una sola extremidad.

Triplejia: Están afectadas tres extremidades.

CAUSAS DE LA PARALISIS CEREBRAL: La parálisis cerebral no es una sola enfermedad con una sola causa, como varicela o rubéola. Más bien, es un grupo de trastornos relacionados entre sí que tienen causas diferentes. Algunas de las causas de la parálisis cerebral son:

- § Infecciones cerebrales como meningitis bacteriana o encefalitis viral.
- § Lesiones en la cabeza.
- § Sarampión alemán o rubéola.
- § Ictericia en los infantes.
- § Asfixia perinatal.
- § Incompatibilidad del Rh.
- § Apoplejía o hemorragia intracraneal

¿QUÉ TRATAMIENTOS ESPECIFICOS ESTAN DISPONIBLES?

1) Terapia física: ya sea para el movimiento, el habla o tareas prácticas, es la piedra angular del tratamiento para la parálisis cerebral. La terapia física usualmente comienza en los primeros años de vida, inmediatamente después de la diagnosis. Su objetivo es lograr algunas metas importantes: prevenir el deterioro o debilidad de los músculos por la falta de uso (llamado atrofia por falta de uso), evitar la contractura (en la cual los músculos se inmovilizan en una postura rígida anormal), mejorar el desarrollo motor del niño, hacer “patrones” el cual se basa en el principio de que las destrezas motores deben enseñarse en la misma secuencia que se desarrollan normalmente y por último proveer un ambiente estimulante y variado.

2) Terapia farmacéutica: los médicos recetan usualmente fármacos para aquellos con convulsiones asociadas con la parálisis cerebral, estos medicamentos son muy eficaces en la prevención de convulsiones en muchos pacientes. Los fármacos son recetados de acuerdo al tipo de convulsión, ya que no hay un solo fármaco que controle todos los tipos. Los tres medicamentos más usados son: diacepam, el cual actúa como un relajante general del cerebro y del cuerpo; baclofén, el cual bloquea las señales transmitidas desde la médula espinal para contraer los músculos; y dantrolina, el cual interfiere con el proceso de contracción muscular.

3) Cirugía: se recomienda a menudo cuando las contracturas son lo suficientemente severas como para causar problemas de movilidad. En la sala de operaciones, los cirujanos pueden alargar los músculos y tendones que están proporcionalmente demasiado cortos. Sin embargo, primero deben identificar exactamente cuáles de los músculos están defectuosos, ya que si se alarga el músculo incorrecto el problema puede empeorar.

Entre las técnicas quirúrgicas experimentales se encuentran, el estímulo crónico del cerebelo en el cual se implantan electrodos en la superficie del cerebelo los cuales se usan para estimular ciertos nervios responsables de coordinar el movimiento.

4) Aparatos mecánicos: ya sean humildes así como los zapatos de “velcro” o avanzados así como aparatos de comunicación computarizada, los artefactos y máquinas especiales en el hogar, la escuela y el lugar de trabajo pueden ayudar al niño o al adulto con parálisis cerebral a superar limitaciones. Es probable que la computadora sea el ejemplo más impactante de un aparato nuevo que puede hacer una diferencia en las vidas de quienes tienen parálisis cerebral. En otros casos, la tecnología ha producido nuevas versiones de aparatos de uso probado tales como la andadera y la silla de ruedas.

## PRINCIPALES APARATOS MECÁNICOS



Figura N° 4: Bastones para apoyo parcial y terapia.



Figura N° 5. Andadera para apoyo parcial y terapia.



Figura N° 6: Silla de ruedas para apoyo total.

Existen infinidad de aparatos mecánicos en la actualidad, de los cuales la inmensa mayoría son una variedad de los principales modelos que hemos visto acá. Estos modelos han sido diseñados para satisfacer todo tipo de patología o anomalía que presentan los usuarios; algunos incluso han llegado a ser construidos para cumplir

funciones específicas de un paciente. Por otro lado hay modelos que aunque siguen la misma línea original, han desarrollado tecnologías tan complejas y eficientes que pasan de ser un simple mecanismo de marcha a mecanismos donde el usuario interactúa mediante aparatos de comunicación, de traslado y de aprendizaje.



## CAPITULO 2

# TIPOS DE ANDADERAS Y SUS APLICACIONES

## NECESIDAD DE UNA ANDADERA

En Venezuela, así como en muchos países del mundo en desarrollo, un alto porcentaje de los pacientes que ingresan en los Hospitales son de escasos recursos, en estos se incluyen aquellos con patologías neuromusculares. Muchos de estos pacientes necesitan dispositivos de ayuda a la marcha debido a la imposibilidad de desplazarse por sus propios medios. Estos dispositivos alcanzan altos costos ya que por lo general son importados (principalmente de los países desarrollados). Algunos modelos llegan a costar hasta miles de dólares.

La finalidad de realizar el presente proyecto estriba en la necesidad de abaratar el costo de los mecanismos de marcha, diseñando para ello no solo un mecanismo que pueda ser adquirido a un costo moderado, sino también una línea de producción de manera tal que se pueda levantar una microempresa en el país.

El Hospital Ortopédico Infantil a través del Laboratorio de Marcha ha manifestado un profundo interés en el desarrollo del proyecto, a tal punto que ha ofrecido prestar todo su apoyo mediante asesoramiento sobre las distintas patologías, información acerca de los modelos que más se usan actualmente y realización de pruebas sobre los pacientes.

En la actualidad el uso de equipos médicos ortopédicos se ha extendido en el país notablemente, desde bastones, pasando por varios modelos de andaderas, estructuras fijas (cuando no hay posibilidad de desplazamiento del usuario), sillas de ruedas, hasta todo tipo de camillas. Muchas Empresas fabrican y venden estos productos con precios que varían desde \$200 hasta \$1.000, los cuales son adquiridos en Venezuela a través de distribuidoras como LOCATEL, PROCURA o directamente en algunos centros de salud.

Como se puede ver, los sectores de menos recursos se ven limitados de poder adquirir estos productos, optando a veces al alquiler de los mismos, por lo que incluso terminan cancelando un mayor costo.

El modelo que deseamos desarrollar ha de servir para personas que tienen altas posibilidades de recuperar sus funciones motoras, por lo que el mismo tiene funciones

terapéuticas. Sin embargo nuestro modelo presentaría entre otras ventajas: 1) Menor costo de adquisición, 2) Completamente plegable (tipo paraguas) y 3) De apoyo posterior, para el cual se ha demostrado que acelera la recuperación del paciente.

## TIPOS DE ANDADERAS Y SUS APLICACIONES

Función: son usadas para ayudar en la marcha de las personas que sufren de algún tipo de discapacidad física, mediante el aporte de un apoyo directo al piso en pacientes que no cuentan con un sistema neuromuscular adecuado en los miembros inferiores. Por lo general son con fines terapéuticos, es decir, que el paciente tiene posibilidades de recuperarse; son de fácil desplazamiento, livianas, las hay con o sin ruedas (dependiendo de la patología) y con o sin accesorios.

Tipos: las andaderas pueden ser clasificadas de acuerdo a varios renglones.

### 1. DE APOYO POSTERIOR Y ANTERIOR:

DE APOYO ANTERIOR: Las primeras andaderas que se fabricaron fueron del tipo de apoyo anterior (por delante del usuario), ya que ofrecía mayor seguridad e incluso mayor comodidad para el usuario, quien entraba de frente a la andadera y siempre que la desplazaba la llevaba delante, por lo que se le hacía más fácil la visualización y el manejo. Posteriormente se demostró que los pacientes tienen la tendencia a apoyarse de la andadera con un cierto ángulo hacia delante, gracias a la comodidad que esta brinda, lo que repercutía en que la recuperación se hacía más lenta y llegaba incluso a presentar problemas adicionales; esto dio paso a la andadera de apoyo posterior.



Figura N° 7. Andadera de apoyo anterior.

DE APOYO POSTERIOR: En este tipo la andadera pasa por detrás del usuario. En este caso el usuario no visualiza totalmente la andadera durante su desplazamiento por lo que tiene que estar pendiente de los pasos que debe dar, lo que hace que desarrolla sus propios instintos motrices. Por otro lado, la barra trasera estará constantemente haciendo contacto con el espaldar del usuario indicándole que debe dar el siguiente paso; si la persona no toma una postura erguida sentirá incomodidad por la barra.



Figura N° 8. Andadera de apoyo posterior.

## 2. NO PLEGABLES Y SEMIPLGABLES:

NO PLEGABLES: Dependiendo del tiempo de uso, de la ocupación del usuario, del sitio donde se usará la andadera y otros factores más, el usuario o en su defecto el médico decidirá qué tipo de andadera debe seleccionar que le facilite de alguna manera su traslado, y, que el precio se ajuste a la verdadera necesidad del usuario, ya que el costo de una andadera plegable tiende a ser mayor que el de una no-plegable bajo el mismo esquema de diseño. Este tipo de andadera es propio de personas que están bajo una corta terapia y solo necesitan de unas pocas semanas o quizá algunos meses para recuperar su motricidad, la cual pudo haberse perdido debido a factores como accidentes u otra enfermedad.



Figura N° 9. Andadera no plegable.

SEMIPLGABLES: Usamos el término semiplegable porque en realidad las andaderas que se consiguen en el mercado llegan a ser plegables en un solo plano, por lo que podemos concluir que no existe una andadera completamente plegable (es decir, que no hay una andadera que sea plegable en dos planos y cierre completamente como un paraguas). Este tipo de andadera son más prácticas para personas que la necesitan por un periodo de tiempo relativamente largo y la andadera pasa a formar parte de su rutina diaria; probablemente el usuario regularmente se desplace en vehículo por lo que tiene la necesidad de plegar la andadera para mayor comodidad; quizá el usuario asista a un Colegio o Universidad y tenga que plegar la

andadera en el salón de clases y tal vez la andadera no quepa por sitios frecuentados por el usuario y éste se vea obligado a plegarla cada vez que pase por allí.



Figura N° 10. Andadera semiplegable.

### 3. CON Y SIN ACCESORIOS:

SIN ACCESORIOS: Dependiendo de la patología del paciente y de los recursos económicos de que disponga, optará por la adquisición de una simple andadera para desplazarse y recuperar su fuerza motriz y que no cumpla otra función que esta, u optará por una más sofisticada en tecnología y que le permita interactuar con el medio.



Figura N° 11. Andadera sin accesorios.

CON ACCESORIOS: En estos casos por lo general las posibilidades de que el paciente se recupere y pueda desplazarse por sus propios medios son escasas o nulas; en el caso de que haya esperanza de recuperación, lo más probable es que sea un proceso de años. Estas andaderas poseen entre otras cosas: sistema de desplazamiento eléctrico, sistemas de comunicación, sistemas de aprendizaje o pasatiempo, etc. Sus costos llegan a ser muy elevados.

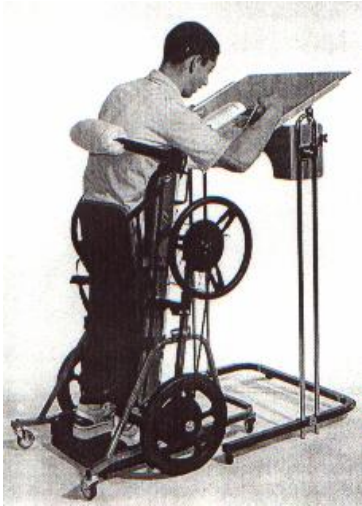


Figura N° 12. Andadera con múltiples accesorios.

#### 4. CON Y SIN RUEDAS:

CON RUEDAS: Dependerá de lo crónica que sea la patología del paciente. Si el caso es mas o menos crítico quizás se requiera de 4 ruedas. Si hay probabilidades de rápida recuperación probablemente se requieran dos ruedas.

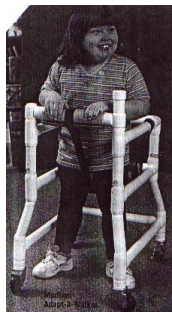


Figura N° 13. Mecanismos con 4 y con 2 ruedas.

SIN RUEDAS: Usadas cuando el paciente se puede desplazar pero necesita de la andadera para mantener la estabilidad. En todo caso será el médico quien decida la opción más conveniente.



Figura N° 14. Mecanismo sin rueda.

## ALGUNAS EMPRESAS FABRICANTES

A nivel mundial existen innumerables empresas dedicadas a la fabricación de andaderas infantiles posteriores como parte de su mobiliario médico, las consultadas fueron:

- CAMP SCANDINAVIA, Karbingatan 38. SE – 254 67 Helsingborg, Sweden.  
Telephone: (919) 732 – 64 – 44 Fax: 1 – 800 – 685 – 5293.
- RIFTON FREE SHIPPING, Prince George's Country, Maryland.  
Telephone: 800 – 777 – 4244 Fax: 800 – 336 – 5948.

## ALGUNAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS

A nivel nacional encontramos las dos principales distribuidoras de mobiliario médico, estas son:



- PROCURA: La Castellana, Caracas.  
Teléfono: (0212) 993.47.71/60.98
- LOCATEL: Chacao, Caracas (sede principal).  
Teléfono: (0212) 0501 – 562.28.35

# CAPITULO 3

## PARÁMETROS DE DISEÑO

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA ANDADERA

EL dispositivo de ayuda a la marcha a desarrollar ha de cumplir en la medida de lo posible con los siguientes parámetros:

### Para Infantes.

Debido a que el proyecto puede ser piloto para la fabricación en serie de andaderas a nivel nacional, se considera prudente comenzar con la talla de los niños y luego se podría extender a personas de todas las edades. Además, este proyecto cuenta con el beneplácito del Hospital Ortopédico Infantil, el cual a través del Laboratorio de Marcha está dispuesto a prestar toda la colaboración en lo que concierne a asistencia en cuanto a las patologías de las enfermedades, permite que se puedan desarrollar pruebas sobre los niños en sus modernos Laboratorios y cuenta con la asesoría de excelentes fisiatras.

Lo que se persigue con esta andadera es que el niño pueda permanecer un lapso determinado de tiempo soportando el peso de su cuerpo sobre sus pies fortaleciendo sus piernas y corrigiendo su postura a sabiendas que los niños tratados presentan diversos grados de invalidez en sus piernas. Se pretende que el paciente vaya soportando su propio peso en sus piernas pero que se logre de manera gradual hasta que finalmente pueda mantenerse en pie por sí sólo; mediante ejercicios se estimulan partes del cerebro que permanecen inactivos, y el efecto es doble si se acompañan estos ejercicios con intervenciones quirúrgicas ortopédicas en los miembros del cuerpo atrofiado por su inactividad.

Aquí cabe resaltar que la infancia es la etapa de la vida de estos enfermos donde se pueden obtener los mayores logros. Esta afirmación destaca la importancia de una buena atención durante la infancia y la adolescencia. De una buena atención quizá dependa que muchos de estos niños en el mañana puedan caminar.

### Económica.

Un alto porcentaje de los pacientes del Hospital Ortopédico Infantil es de escasos recursos, lo que ha motivado a que el Laboratorio de Marcha de este Centro de Salud esté muy interesado en este proyecto, ya que desean abaratar los costos para que los mecanismos de marcha sean accesibles a la población de bajos recursos. Los precios de los modelos importados presentan un mínimo aproximado de \$350, lo que equivale a aproximadamente Bs. 700.000.

Últimamente se han visto en el mercado algunos modelos que probablemente sean nacionales y cuyo precio promedia los Bs.160.000. Sin embargo es bueno hacer la acotación de que estos modelos nacionales no son recomendados para las funciones que ha de cumplir el modelo que hemos de diseñar, por presentar ciertas deficiencias con respecto a nuestro modelo tales como: es semiplegable (cuando nuestro modelo será completamente plegable tipo paraguas); es de apoyo anterior (nuestro modelo será necesariamente de apoyo posterior); sin ruedas (el modelo propuesto por nosotros tendrá 4 ruedas). Estas andaderas a que hicimos mención en realidad son propicias para personas adultas que han perdido la movilidad temporalmente.

### Resistente.

Las exigencias de resistencia del dispositivo de ayuda a la marcha radican en que éste soporte usos bruscos, exceso de peso e incluso impactos con paredes u otras estructuras. También hay que asegurar que el dispositivo sea lo más duradero posible. El material a utilizar para la construcción de la andadera será el aluminio 6063 por su fácil obtención en el mercado local. No obstante esta aleación no posee propiedades mecánicas relevantes, las mismas han resultado apropiadas para el diseño de la andadera (las características del aluminio 6063 se esquematizan más adelante); aparte de esto cuentan con una gran variedad de perfiles que hace posible que dispongamos tanto de tubos como pletinas y barras cuadradas, todas estas indispensables para la construcción de la andadera.

### Liviana.

Este punto es muy importante ya que el usuario estará en todo momento desplazando el mecanismo por su propia fuerza, por lo que hay que garantizar un mecanismo muy liviano que exija el mínimo esfuerzo para su traslado, evitando así que el usuario se agote. El aluminio 6063 presenta una gran ventaja en este aspecto ya que posee una muy baja densidad y esto hace posible que el mecanismo completo llegue a ser lo suficientemente liviano. Hay en cuanto a esto una ventaja por el hecho de que sea de apoyo posterior ya que al estar desplazado el centro de gravedad del mecanismo hacia atrás (hacia el espaldar) y poseyendo éste 4 ruedas, entonces no hará falta que se levante toda la estructura sino que el sistema se puede desplazar libremente.

### Segura.

Debe ser lo suficientemente segura y a la vez confiable, más en este caso en particular debido a que los niños que la usarán están en desventaja física. Los parámetros de diseño deben incluir factores de seguridad altos que brinden al producto una resistencia extra y así minimizar cualquier posibilidad de accidente debido a un colapso del mecanismo.

Nuestro diseño dispondrá de un freno en las ruedas traseras para evitar que el mecanismo se desplace hacia atrás por descuido del usuario.

Aparte de la seguridad que pueda brindar el dispositivo de ayuda a la no ceder a grandes esfuerzos, también debe ser segura en cuanto a que pueda provocar cortaduras en las personas, por lo tanto hay que ser meticuloso en lo que respecta a evitar las esquinas agudas y los bordes cortantes e igualmente que la superficie sea áspera o tóxica.

### Sin accesorios.

No hay interés en la adición de dispositivos auxiliares porque se espera del mecanismo que sea de ayuda al usuario para recuperar la vitalidad de su sistema motor. Por lo general la adición de dispositivos auxiliares (para comunicarse, para

comer, para escribir, etc.) es propia de mecanismos complicados donde hay poca o ninguna posibilidad de recuperación del paciente. También se sabe que la adición de dispositivos auxiliares influye marcadamente en el precio y esto afectaría una de las prioridades del proyecto como lo es la economía. Sin embargo se ha considerado indispensable agregar al mecanismo un asiento para que el niño pueda descansar luego de largas jornadas de terapia o cuando la situación lo amerite. El asiento puede ser una especie de chinchorro que actuaría a nivel pélvico y aparte de servir de asiento para cuando el niño lo requiera, también serviría para protegerlo del continuo roce que pueda experimentar con el espaldar.

#### Sencilla.

Preferiblemente debe ser de fácil construcción y usando en lo posible partes nacionales, asimismo se deben emplear sistemas o partes mecánicas libres de mantenimiento en lo sumo posible. Para lograr este objetivo se debe minimizar durante el diseño el posible uso de máquinas metalmecánicas como por ejemplo el torno y la fresa, los cuales a parte de complicar el diseño, elevarían enormemente el costo de producción. También se debe evitar el uso de partes a engrasar u otras que ameriten frecuente supervisión y/o cambio, asimismo debe ser fácil de limpiar y mantener.

#### De Apoyo Posterior.

Estudios realizados a fines de la década pasada han demostrado que los mecanismos con apoyo posterior contribuyen de gran manera en la recuperación del paciente, cerca de un 20% de mejoría con respecto a los mecanismos con apoyo anterior. La mayoría de las empresas dedicadas a este ramo continúan fabricando las andaderas con apoyo anterior, lo cual es otra razón para el desarrollo de este importante proyecto. Las personas normales generalmente caminan con un ángulo de inclinación de la columna vertebral con respecto del suelo cercano a los 90 grados. En las diferentes anomalías neuromusculares este ángulo tiende a hacerse más agudo, tomando valores de hasta 45 grados. Un paciente con una andadera común puede

lograr recuperar su fuerza motriz y quizá hasta desplazarse sin la ayuda del mecanismo, pero si lo logra hacer con un mecanismo de apoyo posterior se puede predecir que tendrá una ventaja notable en este ángulo mencionado; ahí estriba la gran necesidad de que el sistema sea obligatoriamente de apoyo posterior.

#### Plegable.

Nuestro modelo será 100% plegable, es decir, plegable en dos planos (tipo paraguas) y de esta forma se tendría un mecanismo de fácil traslado para las situaciones que lo ameriten. Este aspecto haría que nuestro modelo sea único en el mercado ya que hasta la fecha se consiguen modelos a lo sumo semiplegables. El tipo de plegabilidad recibe el nombre de paraguas porque al plegarse el mecanismo completamente cerraría de la misma forma como lo hace un paraguas y se podría mantener con un solo puño. Las ventajas son inigualables puesto que al hacerse diestro el usuario en el cierre y abertura del mecanismo podrá acceder a donde otros mecanismos se lo impiden, tendrá mayor posibilidad de pasar desapercibido y el traslado será notablemente más fácil por ejemplo en la maleta del automóvil.

#### Apariencia agradable.

No se debe olvidar que la impresión es determinante, pero no sólo en el aspecto de comercialización, sino desde el punto de vista de agrado o desagrado que perciban los niños que la usarán. Dentro de la apariencia juegan un papel muy importante: la forma de la andadera (el usuario debe sentir que las dimensiones se ajustan a su tamaño y talla), el colorido (hay colores que definen ciertas terapias como el amarillo, el azul y el verde y por eso se dispondrá de forros para la andadera con diversos colores), los detalles (como dijimos anteriormente; las terminaciones deben ser suaves, los asideros deben ser atractivos, etc.), el peso (se debe efectuar un mínimo esfuerzo para trasladar el mecanismo), el ruido (el movimiento de la andadera no debe ser ruidoso ni presentar chasquidos), etc.

### Diversas tallas.

El modelo debe estar disponible en diversas tallas para abarcar todas las edades de la infancia desde aproximadamente los 3 años hasta aproximadamente los 12 años. Sin embargo dentro de una misma talla puede haber varias fases de crecimiento del niño mientras este use el dispositivo de ayuda a la marcha. La forma en que varía el tamaño de una misma andadera puede ser una extensión telescópica con un pequeño pasador que hará tope según el tamaño que se quiera seleccionar. Como dijéramos anteriormente, la andadera debe tener por lo general una función terapéutica que debe incluir meses o quizá 1 ó 2 años pero no toda una década ni toda una vida, por lo tanto se permitirá un leve crecimiento del usuario que puede suponer unas seis fases de crecimiento dentro de una misma talla. Es importante observar que la última fase de una talla debe coincidir con la primera fase de la talla siguiente y de esta forma se aseguraría la continuidad de las tallas.

Es bueno recalcar en este punto que también hay que definir las tallas pero no de altura sino de anchura, de manera que no haya exclusión para niños excesivamente delgados o excesivamente obesos.

### Con ruedas.

El uso o no de ruedas no depende sino de la patología que se le haya diagnosticado al paciente. En el caso de una paraplejia es muy probable que el mecanismo deba de usar 4 ruedas ya que el paciente tiene afectadas ambas piernas, mientras que es probable que en una monoplejia (una pierna afectada) el niño no necesite el uso de ruedas o quizás 2 ruedas, siempre dependiendo de cuán crónica es la enfermedad. Debido a esto el mecanismo que ofrecemos ofrecerá la opción con 4 ruedas.

Es importante acotar que las ruedas deben disponer de algún dispositivo que les impida girar hacia atrás tal que se ofrezca mayor seguridad al usuario; pueden estar provistas de algún tipo de engranaje que gire en una sola dirección pero que en la otra dirección se tranque.



### Línea de producción.

Como parte del proyecto está el diseño de la producción en serie de andaderas para consumo masivo. El diseñar una línea de producción puede incluir el conocer todos y cada uno de los procesos presentes en la producción desde la compra de un tubo hasta el pago del flete para trasladar las andaderas ya terminadas, pero además de conocerlos deben estar cuantificados para que sea una empresa rentable. Todo esto se puede lograr haciendo un estudio técnico – económico y tomando las decisiones más idóneas que contribuyan a la realización del proyecto. En estos puntos deben tomarse en cuenta los indicadores económicos del país tales como la paridad cambiaria.

El proceso de fabricación quedará definido como parte de la línea de producción. Aquí se incluirá todas las fases que describen desde la fabricación de cada uno de los componentes de la andadera, la compra de materiales y el ensamblaje de la misma. Serán minimizados los costos de producción de manera tal que el costo definitivo de la andadera sea el mínimo aceptable y así cumplir con el principal objetivo que consiste en abaratar el precio de la andadera.

# CAPITULO 4

## CARACTERÍSTICAS DEL MODELO PROPUESTO

## MODELO PROPUESTO



Figura N° 15. Modelo propuesto de andadera que cumple con los requerimientos de diseño.

## DISEÑO PREVIO

La andadera que se presenta en la figura N° 15 ha sido el resultado del método morfológico de diseño, el cual se fue creando mediante una tormenta de ideas, descartando unas sabiendo que otras iban satisfaciendo en lo posible los requerimientos de diseño que presentamos con anterioridad.

La andadera mostrada en la figura 15 fue la segunda en construcción, ya que hubo un primer prototipo que sirvió de patrón para entender cómo debía funcionar el mecanismo y cómo deberían ser las dimensiones finales de las piezas. Este primer prototipo fue construido con tubos con diámetro exterior 3/4 de pulgadas, observándose que cedían a la flexión fácilmente; este diámetro debió ser mejorado a 7/8 de pulgada que resultó idóneo para esta andadera infantil. Las pletinas traseras iniciales eran del mismo espesor que todas las demás pletinas pero se observó que estas debían soportar el fuerte momento que producían las fuerzas laterales lo que hacía que estas pletinas cedieran a la flexión y ya el sistema no podía abrir y cerrar puesto que para que esto suceda es necesario que las pletinas traseras se mantengan rectas. Los vínculos (de color rosado en la figura 15) eran de distinta sección lo que implicaba que había que comprar distintas barras cuadradas para cada uno de ellos lo que hacía que el producto se encareciera; de ahí se decidió que todos los vínculos provinieran de una misma barra cuadrada como se diseñó finalmente.

Otro aprendizaje que dejó el primer prototipo construido fue con respecto a la bocina porque se comprendió que no debía ser cualquier material, tendríamos que buscar uno que permitiera un buen deslizamiento y que a su vez no rayara el tubo de aluminio ni tuviera que necesitar el uso de ningún lubricante.

## DISEÑO FINAL

El dibujo de la página anterior (figura 15) y los sucesivos que se mostrarán en el desarrollo del texto, fueron realizados con la ayuda del programa de dibujos tridimensionales INVENTOR, versión 6.0., un programa bastante versátil y de fácil aprendizaje.

La figura N° 15 es la representación de una estructura simple tanto de construcción como de plegabilidad. Al quitar la inmovilidad a dos pares de pletinas (como se ilustra más adelante), la estructura pierde su rigidez y se puede plegar hasta agruparse en un solo puño de barras (tipo paraguas) como se explicará mas adelante.

La estructura resultante obtenida es hiperestática, es decir; no presenta movilidad aunque tampoco depende de un solo vínculo (más bien de dos).

La representación que mostramos es básica y en ella hemos mostrado de color negro los accesorios tales como: las empuñaduras, las ruedas y las perillas aunque hemos omitido el asiento con el fin de poder hacer un análisis de las cualidades que brinda la estructura como tal.

Como se puede ver, la andadera es elegante y llamativa, es sencilla y brinda seguridad. Uno de los principales requisitos que debía cumplir era ser de apoyo posterior y efectivamente lo es, es decir, la parte trasera presenta unas pletinas en cruz (tijera), que le sirven de espaldar al usuario, mientras que la parte frontal está libre.

También se puede observar el sistema bien definido de pletinas en color naranja que la convierten en una andadera 100% plegable. Al cerrar el sistema de barras trasero (tijera), simultáneamente se cierran los laterales gracias a un sistema de guía que se desplaza por los tubos traseros a medida que la andadera abre o cierra.

De color rosado hemos puesto el conjunto de piezas que sirven como vínculos entre pletinas y tubos de toda la estructura y que provienen de un perfil de aluminio de dimensiones 32x32 mm.

En cuanto a las empuñaduras, vemos que presentan una cierta longitud promedio para la mano de un niño, siendo su ubicación espacial la necesaria para asegurar que la sombra del usuario coincide con la proyección del centro geométrico y con el

centro de gravedad de la andadera, lo que significa que el peso estará bien balanceado entre todos los componentes de la andadera; lo que se traduce en seguridad.

Las dimensiones de la andadera varían de acuerdo a la talla, encontrándose distintos altos, anchos y profundidades. El modelo mostrado es específico para niños de aproximadamente 6 – 8 años con una altura desde el suelo hasta la pelvis que varía entre 55 – 75 cms. (así se determinan las tallas de un paciente) y con un ancho de 32 cms. y una profundidad de 28 cms.

En un futuro análisis más metódico se explicarán todos los detalles de aspectos que aquí hemos mencionado de manera muy somera.

En las siguientes figuras observaremos la andadera vista desde distintos ángulos y podremos explicar algunos elementos del diseño.

## FORMA DE PLEGAR LA ANDADERA



Figura N° 16. La andadera se comienza a cerrar al retirar las barras mostradas en rojo que rigidizaban el marco. Note que ahora las pletinas traseras pueden cerrarse como una tijera ya que el sistema queda sin vínculos.

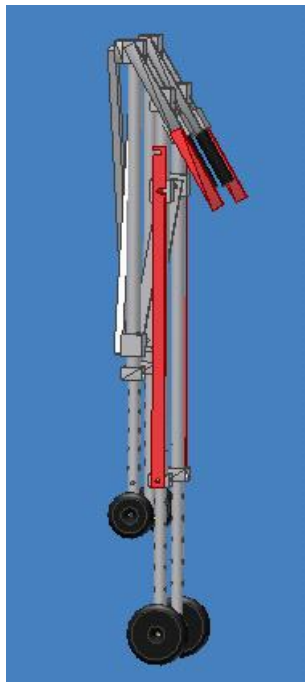


Figura N° 17. La andadera está completamente plegada de forma similar a un paraguas. La andadera puede ser llevada en un vehículo en el mismo asiento, o trasladada por los padres usando de soporte las ruedas grandes como se observa en la figura.

## DIFERENTES VISTAS DE LA ANDADERA

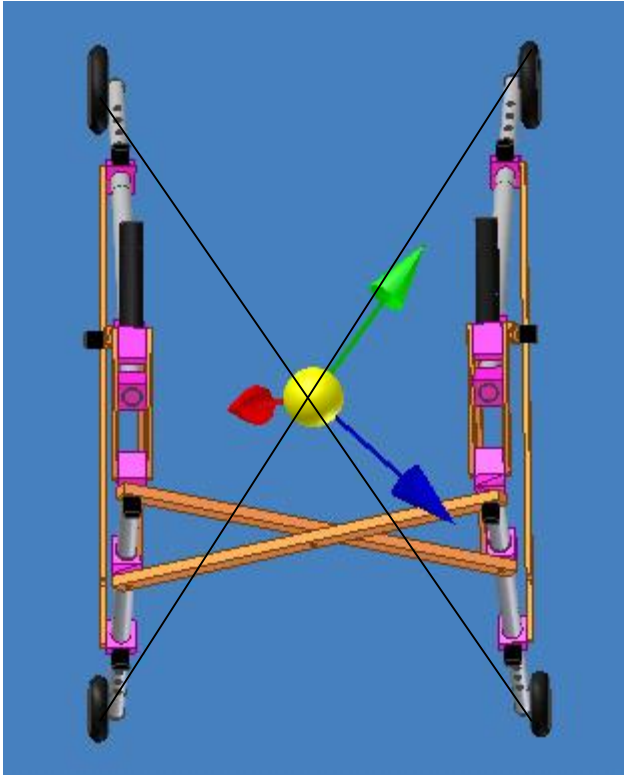


Figura N° 18. Vista de planta. En este gráfico se puede apreciar que el centro geométrico casi coincide con la posición del centro de gravedad desplazado un poco hacia el espaldar y con la ubicación del usuario una vez sujeto a las empuñaduras.

El peso de la andadera fue de 4 Kg.



Figura N° 19. Vista de perfil. Se observa la inclinación de  $10^\circ$  de los tubos traseros, para brindarle mayor comodidad al usuario. También se observa que las empuñaduras se encuentran completamente horizontales.





Figura N° 20. Vista frontal. El ancho mayor de la andadera es de 59 cms a nivel de las ruedas, lo cual permite el paso por una puerta promedio (75 cms.).



Figura N° 21. Vista posterior. Las pletinas en cruz servirán de espaldar al usuario y tendrán un cojín que evitará molestias al usuario.

## ELECCIÓN DEL COLOR DEL ASIENTO

Si damos por hecho que el color influye en los adultos desde un punto de vista físico, psicológico y fisiológico, es razonable pensar que en los niños los efectos producidos serán más notables, debido a su gran imaginación y espíritu más sensible.

Existen muchas opiniones sobre los colores y sus efectos, por lo tanto aquí se buscó coincidencia en cuanto a una serie de opiniones y los resultados fueron los siguientes:

- § El AMARILLO se asocia a la luz solar, se le llama el color del buen humor y de la alegría. Mediante una serie de pruebas se ha concluido que de todos los colores, este es el más alegre. Además es el amarillo un estimulante mental y de gran conveniencia en el problema tratado; puede ser eficaz en el caso de deficiencia mental.
- § EL AZUL es el color que se asocia con el agua y el cielo, es claro y transparente. Se ha demostrado que disminuye la tensión muscular, la presión sanguínea y el pulso, además inspira tranquilidad. Es recomendado para las personas sobreexcitadas. En cuanto a los niños se ha observado que este color logra una impresión demasiado fría, produciendo la sensación de que no se le quiere.
- § EL VERDE también es tranquilizante, es el color de la naturaleza; se emplea también en enfermedades mentales. Ha sido ensayado y se estima que es capaz de actuar cuando interesa disciplinar el espíritu y el cuerpo, y para hacer entrar al enfermo en pleno control de sus actos. Por eso es usado en juegos como el ajedrez y el billar que requieren concentración.

Entre las opciones anteriores se escogió el color VERDE para aprovechar los efectos mentales que ofrece.

# CAPITULO 5

## CÁLCULOS

## CONSIDERACIONES

El estudio de los esfuerzos sobre la andadera será dividido en los dos casos más críticos que se pueden presentar:

- 1) Asumiendo que el usuario apoya todo su peso sobre los asideros de la andadera:

Aunque la andadera esta diseñada para desplazarla, debemos tomar en cuenta el caso en que el usuario apoye todo su peso sobre esta y cerciorarnos de que efectivamente los elementos de la andadera no cedan.

Para esta parte se calcularan los esfuerzos axiales y transversales a cada tubo y pletina presentes y mediante el uso de las teorías de fallas calcularemos las dimensiones mínimas que deberán tener con un factor de seguridad moderado.

- 2) Asumiendo que el usuario emplee su mayor fuerza y la enfoque hacia los laterales de la andadera:

Aunque la aplicación de una gran fuerza en este sentido no debería tomarse en estudio, debemos recordar que el usuario es un niño, quien no solo podría hacerlo por ociosidad sino también por el hecho de que un alto porcentaje de los niños con parálisis cerebral presentan un cierto grado de deficiencia mental.

Para esta parte solo calcularemos el torque que dicha fuerza produce sobre las pletinas traseras y justificaremos por qué su espesor será el doble de las demás pletinas.

El caso que faltaría por analizar sería cuando el usuario usa el asiento, pero este caso es menos critico que el caso 1, ya que si en ambos actúa un peso “P” sobre la andadera, el caso 1 es más desfavorable ya que el peso está concentrado sobre los asideros mientras que al usar el asiento el peso se distribuye equitativamente sobre la andadera.

CALCULO DE LOS ESFUERZOS SOBRE TODOS LOS COMPONENTES DE LA ANDADERA DEBIDO A LA APLICACIÓN DE UN PESO "P" Y UNA FUERZA LATERAL "P"

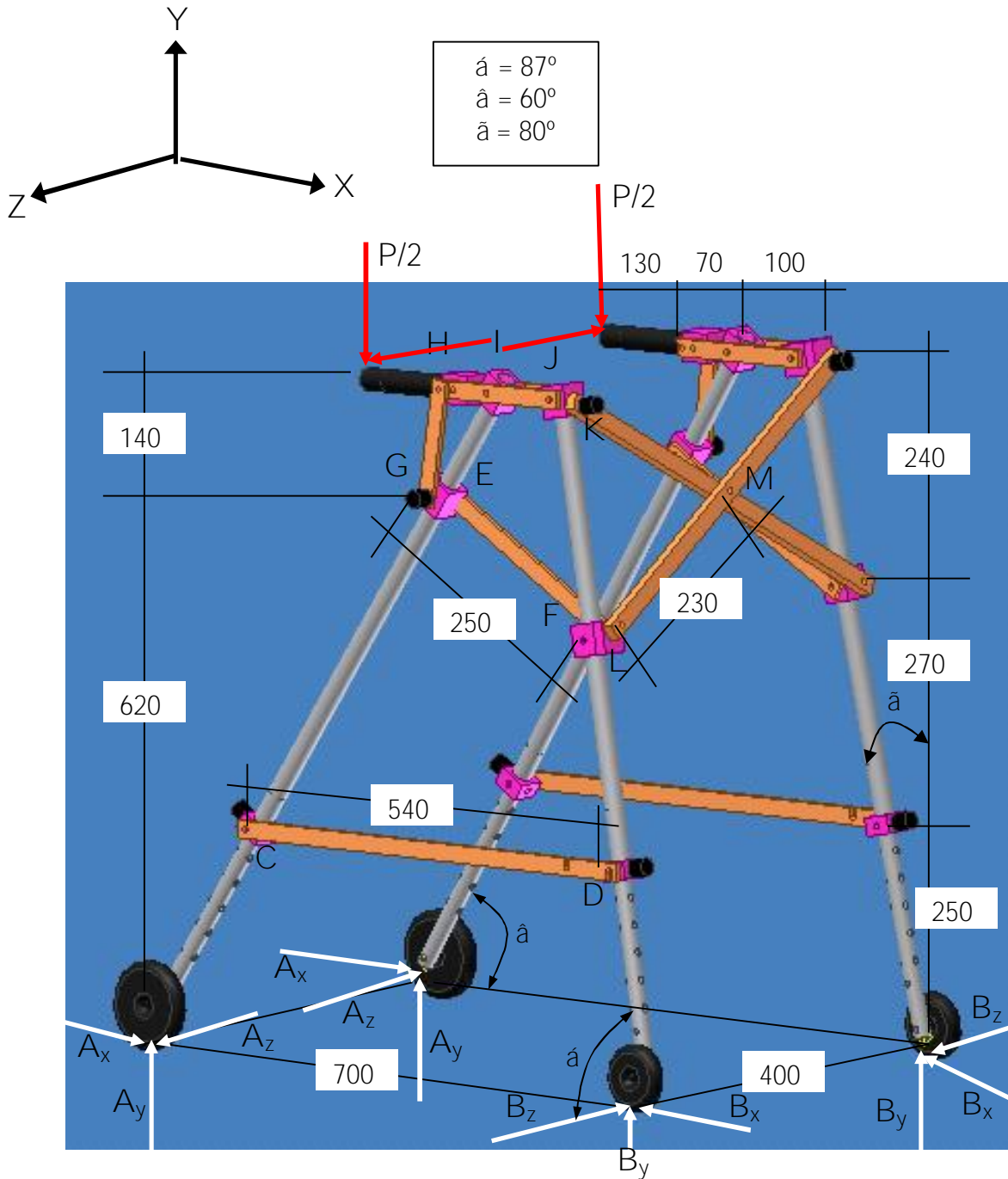


Figura N° 22. Reacciones sobre los apoyos debido a la aplicación de un peso "P".

## CASO 1: APLICACIÓN DE UN PESO "P".

### CALCULO DE LAS REACCIONES:

Debido a la simetría de la andadera y a que el peso se considera aplicado equitativamente, podemos afirmar que tanto las reacciones como las fuerzas internas en el lado derecho de la andadera son muy similares a los de la parte izquierda.

Para simplificar los cálculos, algunas distancias serán aproximadas ya que debido a que los ángulos son muy obtusos y las distancias grandes, su influencia es muy poco significativa. Por ejemplo; el peso (P) se proyecta sobre el plano XZ muy cercanamente a un punto entre A y B, por lo que podríamos considerar que su distancia al punto A es de 400 mm. aproximadamente. Si efectuamos los cálculos engorrosos que se tomaría para saber exactamente esta distancia llegaríamos a obtener 400,36 mm.

Igualmente algunos ángulos son aproximados a ángulos notables puesto que su valor es muy cercano a estos.

$$\underline{\sum F_x = 0}$$

$$A_x + A_x - B_x - B_x = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{A_x = B_x} \quad ((1))$$

$$\underline{\sum F_y = 0}$$

$$A_y + A_y + B_y + B_y = \frac{P}{2} + \frac{P}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A_y + B_y = 0,5 \cdot P} \quad ((2))$$

$$\underline{\sum F_z = 0}$$

$$A_z - A_z + B_z - B_z = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = 0$$

$$\underline{\sum M_A = 0}$$

$$-400A_x(j) - 700B_z(j) + 400A_y(i) - 700B_x(i) + 400A_z(k) - 700B_y(k) = 0$$

$$i: \quad A_y + B_y = 0,5 \cdot P$$

j:  $A_x = B_x$

k:  $B_y = 0,286 \cdot P$  ((3))

CALCULO DE LAS FUERZAS INTERNAS:

Ahora procederemos a calcular las fuerzas internas que actúan sobre los miembros y para esto tenemos que desglosar todas las partes que componen la andadera, recordando que solo estudiaremos la mitad de la andadera gracias a su simetría.

TRAMO AI: (Plano XY)

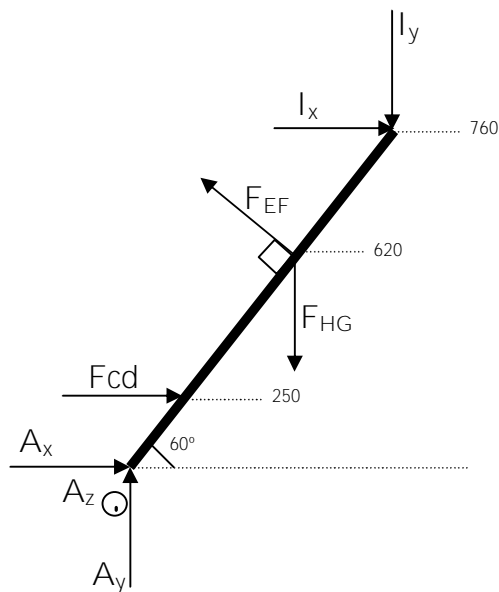


Figura N° 23. Diagrama de fuerzas en el tramo AI.

Es importante resaltar que de todos los elementos que componen la andadera, los tramos CD, EF y HG son los únicos elementos de 2 fuerzas (mientras todos los demás son elementos de 3 fuerzas), lo que implica que la fuerza que actúa sobre estos tiene la misma dirección geométrica que poseen dichos tramos; en otras palabras, los elementos CD, EF y HG están a tracción o a compresión pura.

$$\underline{\Sigma F_x = 0}$$

$$A_x + F_{cd} + I_x = F_{EF} \cdot \sin(60^\circ) \quad / \Rightarrow \quad \boxed{A_x + F_{cd} + I_x = 1,86F_{EF}} \quad ((4))$$

$$\underline{\Sigma F_y = 0}$$

$$A_y + F_{EF} \cdot \cos(60^\circ) - F_{HG} = 0 \quad / \Rightarrow \quad \boxed{A_y + 0,5F_{EF} = F_{HG}} \quad ((5))$$

$$\underline{\Sigma F_z = 0}$$

$$\boxed{A_z = 0} \quad ((6))$$

$$\underline{\Sigma M_A = 0}$$

$$-250F_{CD} - \frac{620}{3}F_{HG} + 620F_{EF} \cdot \sin(60^\circ) - \frac{620}{3}F_{EF} \cdot \cos(60^\circ) \cdot I_x = 0 \quad / \Rightarrow \quad \boxed{0,942F_{EF} = I_x + 0,577I_y + 0,329F_{CD} + 0,471F_{HG}} \quad ((7))$$

TRAMO HJ: (Plano XY)

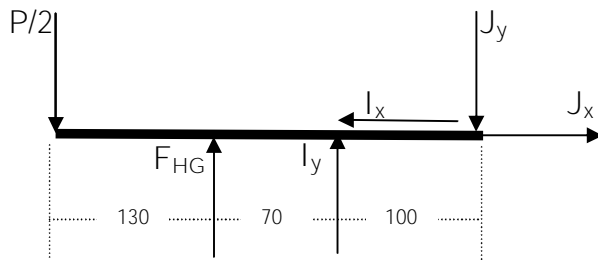


Figura N° 24. Diagrama de fuerzas en el tramo HJ.

$$\underline{\Sigma F_x = 0}$$

$$\boxed{I_x = J_x} \quad ((8))$$

$$\underline{\Sigma F_y = 0}$$

$$\boxed{I_y + F_{HG} = J_y + 0,5P} \quad ((9))$$

$$\underline{\Sigma M_I = 0}$$

$$-100J_y - 70F_{HG} + 200 \cdot \frac{P}{2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{J_y + 0,7F_{HG} = P} \quad ((10))$$



REACCIONES SOBRE LA CORREDERA: (Plano XY)

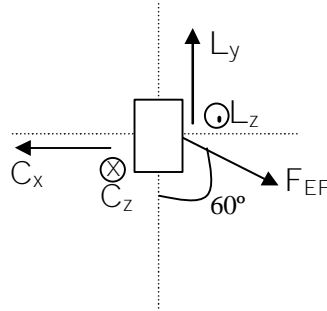


Figura N° 25. Diagrama de fuerzas sobre la corredera.

$$\underline{\Sigma F_x = 0}$$

$$\boxed{C_x = 0,866F_{EF}} \quad ((11))$$

$$\underline{\Sigma F_y = 0}$$

$$\boxed{L_y = 0,5F_{EF}} \quad ((12))$$

$$\underline{\Sigma F_z = 0}$$

$$\boxed{C_z = L_z} \quad ((13))$$

TRAMO JB: (Plano XY)

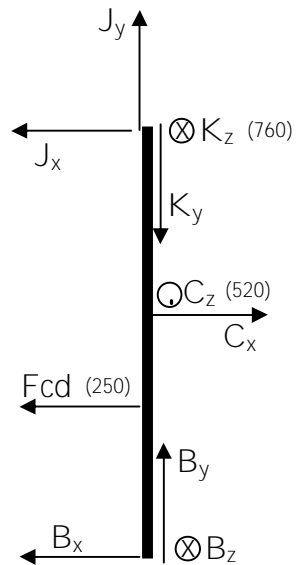


Figura N° 26. Diagrama de fuerzas en el tramo JB.

$$\underline{\Sigma F_x = 0}$$

$$\boxed{F_{CD} + J_x + B_x = C_x} \quad ((14))$$

$$\underline{\Sigma F_y = 0}$$

$$\boxed{B_y + J_y = K_y} \quad ((15))$$

$$\underline{\Sigma F_z = 0}$$

$$\boxed{C_z = K_z + B_z} \quad ((16))$$

$$\underline{\Sigma M_B = 0}$$

$$250F_{CD} (k) - F_{CD} C_x (q) - 1500 C_z (q) - 1500 J_x (q) - 1500 J_z (q) - 1500 F_{CD} \cdot 0,7078 - 1500 J_x \cdot 1,84216 - 1500 J_z \cdot 0,260418$$

i:  $\boxed{K_z = 0,684L_z} \quad ((17))$

k:  $\boxed{J_x + 0,329F_{CD} = 0,684F_{EF}} \quad ((18))$

TRAMO KML: (Plano YZ)

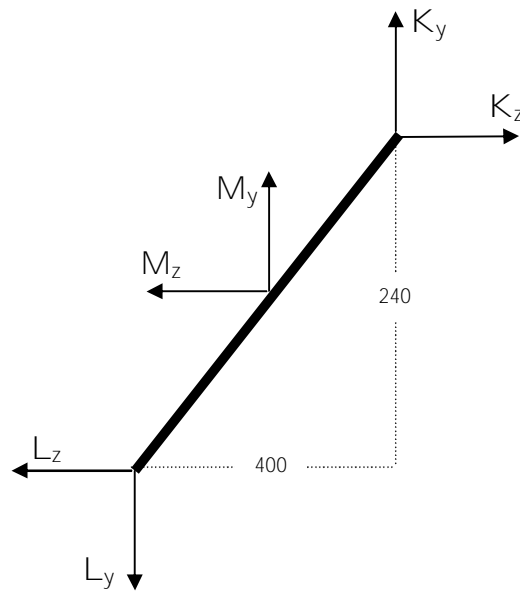


Figura N° 27. Diagrama de fuerzas en el tramo KML.

$$\underline{\Sigma F_y = 0}$$

$$\boxed{L_y = M_y + K_y} \quad ((19))$$

$$\underline{\Sigma F_z = 0}$$

$$\boxed{M_z + L_z = K_z} \quad ((20))$$

$$\underline{\Sigma M_L = 0}$$

$$120M_z - 200M_y - 240M_z - 400K_y = 0$$

$$\boxed{K_y + 0,6K_z + 0,5M_y = 0,3M_z} \quad ((21))$$

El sistema total consta de 21 ecuaciones numeradas y las siguientes 21 incógnitas:

$A_x, A_y, A_z, B_x, B_y, B_z, F_{cd}, F_{EF}, F_{HG}, I_x, I_y, J_x, J_y, C_x, C_z, K_y, K_z, L_y, L_z, M_y, M_z.$

Aparentemente el sistema de ecuaciones es determinado, sin embargo al momento de resolver las ecuaciones nos encontramos con que una de ellas es combinación

lineal de las otras, lo que conduce a un sistema de 20 ecuaciones linealmente independientes. Esto era de esperarse porque el sistema de barras que forma la andadera es hiperestático con grado de movilidad  $-1$ , lo que implica una incógnita demás sobre el número de ecuaciones. Para solucionarlo tendremos que recurrir a una ecuación extra que se puede conseguir mediante el uso de las deformaciones elásticas. Al hacerlo la ecuación que nos completa el sistema es:

$$A_x = 0$$

De esta manera el sistema quedaría completamente definido  $21 \times 21$ . Hay muchos programas de computación que ayudan a resolver sistemas de ecuaciones lineales como el que se nos presentó, uno de ellos y que es muy usado se llama MATLAB. La solución del sistema la presentamos a continuación:

FUERZAS INTERNAS Y REACCIONES QUE ACTÚAN SOBRE LA  
ANDADERA:

REACCIONES	FUERZAS INTERNAS		
$A_x = 0$	$I_x = 2,151.P$	$L_y = 2,343.P$	$F_{cd} = 1,906.P$
$A_y = 0,214.P$	$I_y = 4,065.P$	$L_z = -4,631.P$	$F_{ef} = 4,685.P$
$A_z = 0$	$J_x = 2,151.P$	$M_y = 0$	$F_{hg} = -1,509.P$
$B_x = 0$	$J_y = 2,056.P$	$M_z = 1,463.P$	
$B_y = 0,286.P$	$K_y = 2,342.P$	$C_x = 4,057.P$	
$B_z = -1,463.P$	$K_z = -3,186.P$	$C_z = -4,631.P$	

CASO 2: APLICACIÓN DE UNA FUERZA LATERAL "P".

CALCULO DEL MOMENTO PRODUCTO DE LA APLICACIÓN DE UNA FUERZA LATERAL "P"

En este caso solo interesa saber el momento que se presenta en el punto K y que deberá ser contrarrestado por las pletinas traseras para que la andadera no ceda.

$$M = b \cdot F$$

$$M = 0,3 \cdot P$$

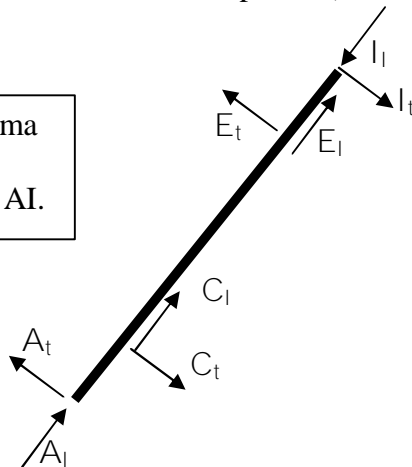
$$[M] = m.Nw$$

PROYECCION DE FUERZAS LONGITUDINAL Y TRANSVERSALMENTE

Llegado a este punto procederemos a proyectar las fuerzas tanto longitudinal como transversalmente a través de cada elemento para de esta forma determinar si están sometidos a tensión (o compresión) y hallar el esfuerzo respectivo, así como hallar el esfuerzo cortante y saber qué rango de valores pueden llegar a tomar el diámetro y el espesor del tubo y cuál espesor admiten las pletinas.

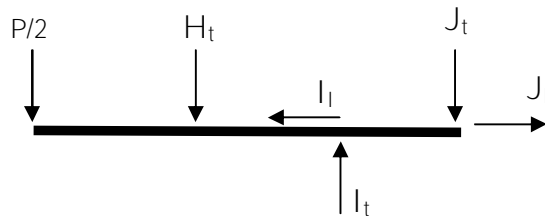
TUBO AI: (Tubo sometido a compresión).

Figura N° 28. Diagrama de fuerzas axiales y transversales en el tubo AI.



$A_i = 0,185.P$
$A_t = 0,107.P$
$C_i = 0,953.P$
$C_t = 1,651.P$
$E_i = 1,307.P$
$E_t = 5,439.P$
$I_i = 2,444.P$
$I_t = 3,896.P$
$AC = 289 \text{ mm}$
$CE = 427 \text{ mm}$
$EI = 184 \text{ mm}$

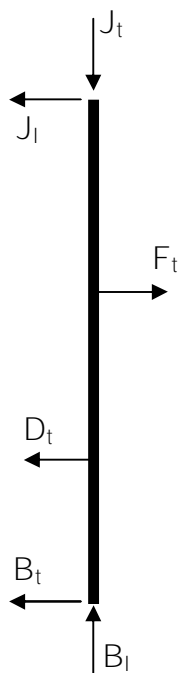
PLETINA HJ: (Media Pletina sometida a tracción).



$J_i = 2,151.P$
$J_t = 2,056.P$
$I_i = 2,151.P$
$I_t = 4,065.P$
$H_t = 1,509.P$
$PH = 130 \text{ mm}$
$HI = 70 \text{ mm}$
$IJ = 100 \text{ mm}$

Figura N° 29. Diagrama de fuerzas axiales y transversales en la pletina HJ.

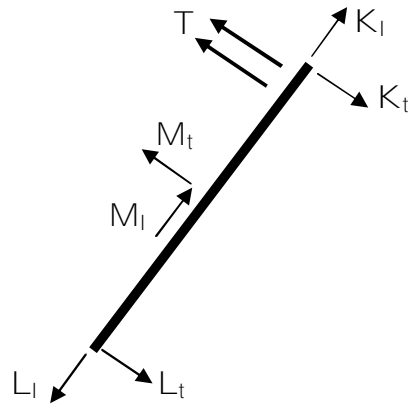
TUBO JB: (Tubo sometido a compresión).



$B_i = 0,286.P$
$B_t = 1,463.P$
$D_t = 1,906.P$
$F_t = 6,157.P$
$J_i = 0,286.P$
$J_t = 3,844.P$
$BD = 250 \text{ mm}$
$DF = 270 \text{ mm}$
$FJ = 240 \text{ mm}$

Figura N° 30. Diagrama de fuerzas axiales y transversales en el tubo FB.

PLETINA KML: (Pletina sometida a tracción).



$K_l = 3,919.P$
$K_t = 0,380.P$
$M_l = 1,254.P$
$M_t = 0,752.P$
$L_l = 5,173.P$
$L_t = 0,372.P$
$T = 300.P$
$LM = 233 \text{ mm}$
$MK = 233 \text{ mm}$

Figura N° 31. Diagrama de fuerzas axiales y transversales en la pletina HG.

PLETINA CD: (Pletina sometida a tracción).

$$F_{cd} = 1,906.P \quad CD = 520 \text{ mm}$$

PLETINA EF: (Pletina sometida a compresión).

$$F_{ef} = 4,685.P \quad EF = 250 \text{ mm}$$

PLETINA HG: (Pletina sometida a compresión).

$$F_{hg} = 1,906.P \quad HG = 140 \text{ mm}$$

## CRITERIOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA

Ahora procederemos a aplicar todas las teorías de fallas conocidas y determinar el rango de valores que puedan tomar las dimensiones de los tubos y las pletinas de tal manera que se pueda escoger un perfil satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad como de la economía.

Para la sección de una pletina (rectángulo) y del tubo (aro circular), debemos conocer:

	Área	Momento de Inercia	Módulo de Sección	Radio de Giro
Rectángulo	$A = bh$	$I = \frac{bh^3}{12}$	$Z = \frac{bh^2}{6}$	$K = 0,289 \cdot h$
Aro Circular	$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$	$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$Z = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D - d}$	$K = \frac{D}{\sqrt{16 - \frac{d^4}{D^4}}}$

Por último recordamos que hay que tener presente los factores de seguridad antes de decidir cuál será la dimensión definitiva en nuestro diseño.

$$n = \frac{F_u}{F}$$

## TEORÍA DEL ESFUERZO NORMAL MÁXIMO

“El mayor de los esfuerzos principales debe ser menor al esfuerzo de fluencia”; en otras palabras:

$$\sigma_1 \leq \frac{S_y}{n_1} \quad ((1))$$

Esta teoría no es muy recomendada por su inexactitud experimental, sin embargo para cerciorarnos de cumplirla, la incluimos en nuestro estudio.

Los esfuerzos principales que podríamos considerar en este punto serían:

§ Esfuerzos a tracción y a compresión.



Las resistencias de los materiales dúctiles son las mismas a compresión y a tracción y estos tienden a fallar por fluencia antes que ruptura por fragilidad ya que una deformación permanente en estos materiales ya es de por sí una falla.

Los esfuerzos a tracción y a compresión se dan por: 
$$\sigma_{t,c} = \frac{F_l}{A} \quad ((2))$$

En esta ecuación “ $F_l$ ” representa la fuerza longitudinal que tensa o comprime la pieza, “ $A$ ” es el área transversal de la pieza y “ $n_1$ ” es el factor de seguridad.

Resolviendo la ecuación ((1)) en ((2)) para el área nos queda: 
$$A \geq \frac{n_1 F_l}{S_y} \quad ((3))$$

Para un Tubo: 
$$D^2 - d^2 \geq \frac{4n_1 F_l}{\delta S_y} \quad ((*)$$

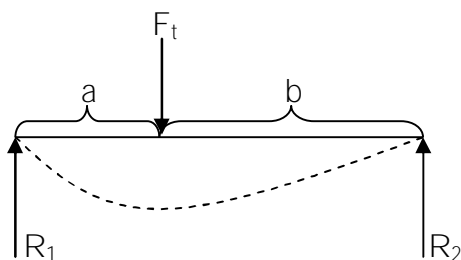
Para una Pletina: 
$$bh \geq \frac{n_1 F_l}{S_y} \quad ((**))$$

§ Esfuerzos por flexión.

El esfuerzo normal por flexión viene dado por: 
$$\sigma_n (\text{máx}) = \frac{M_{\text{máx}}}{Z} \quad ((4))$$

Donde “ $M_{\text{máx}}$ ” representa el momento flector máximo y “ $Z$ ” el módulo de sección, el cual depende de las dimensiones de cada figura geométrica de la sección plana del elemento en estudio.

Para una viga simplemente apoyada con carga intermedia como vemos en la siguiente figura, se cumplen las siguientes relaciones:



$$M_{\text{máx}} = \frac{F_a b}{a + b}$$

$$Y_{\text{máx}} = -\frac{F a^2 b^2}{3EI(a + b)}$$

Φ7 15.84 Tφ 1

Figura N° 32. Momento y Deflexión para una viga simplemente apoyada.

Resolviendo la ecuación ((1)) en ((4)) para el módulo de sección nos queda:

$$Z \geq \frac{n_1 F_t a b}{S_y (a) + T \phi} \quad ((5)) \quad 15.898 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 174.48 \quad 656.64 T \mu \quad ( )$$

Para un tubo:  $\frac{D^4 - d^4}{d} \geq \frac{32 n_1 F_t a b}{\delta S_y (a) + T \phi} \quad ((*) \quad 15.824 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 319.68$

Para una pletina:  $b h^2 \geq \frac{6 n_1 F_t a b'}{S_y (a) + T \phi} \quad ((**) \quad 15.84 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 308.4 \quad 567.$

Si uno de los extremos está empotrado entonces:

$$M_{\max} = \frac{F_b (2a)^3 + 3 \phi^2 b}{2(a) + T \phi} \quad 19.199$$

$$Y_{\max} = - \frac{F_a^3 b (4) + T \phi}{12 E I (a) + T \phi} \quad 15.824 T \phi$$

Para un tubo:  $\frac{D^4 - d^4}{d} \geq \frac{16 n F_b (2a)^3 + 3 \phi^2 b}{\delta S_y (a) + T \phi} \quad 19.273 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1$   
 $15.898 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 333.6$

Para una pletina:  $b h^2 \geq \frac{3 n F_b (2a)^3 + 3 \phi^2 b}{S_y (a) + T \phi} \quad 19.273 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1$   
 $15.898 T \phi \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 321.12$

## TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

El “esfuerzo cortante máximo debe ser menor a la mitad del esfuerzo de fluencia”,

en otras palabras:  $\tilde{A}(\max) = \frac{S_y}{2 n_1} \quad ((6))$

Esta teoría es la más aplicable a materiales dúctiles como el aluminio, especialmente si están sometidos a tensión.

El esfuerzo cortante máximo depende de la sección, por lo tanto encontramos dos expresiones:

Rectángulo:  $\tilde{A}(\max) = \frac{3 F_t}{2 A} \quad ((7));$  Aro Circular:  $\tilde{A}(\max) = \frac{2 F_t}{A} \quad ((8))$

En estas expresiones “ $F_t$ ” representa la fuerza transversal que está aplicando un esfuerzo cortante y “ $A$ ” es el área transversal.

Resolviendo la ecuación ((6)) en ((7)) y ((8)) para el área nos queda:

Para un Tubo: 
$$D^2 - d^2 \geq \frac{8n_1 F_t}{\delta S_y} \quad ((*)$$

Para una Pletina: 
$$bh \geq \frac{3n_1 F_t}{S_y} \quad ((**))$$

## PANDEO DE COLUMNAS

“Una columna cederá por pandeo si la carga aplicada es superior a la carga crítica”; esto se traduce en: 
$$P \leq \frac{P_{cri}}{n_2} \quad ((9))$$

En el estudio de columnas se presentan dos casos:

§ Columna de Euler: 
$$P_{cri} = \frac{C\delta^2 EI}{L^2} \quad ((10))$$

En este caso la columna falla por pandeo; generalmente sucede en columnas largas.

§ Columna de Jhonson: 
$$\frac{P_{cri}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y}{2\delta}\right) \frac{1}{CE} \left(\frac{L}{K}\right)^2 \quad ((11))$$

En este caso la columna falla por fluencia; generalmente sucede en columnas cortas.

Sin embargo no existe una longitud patrón que ayude a determinar cuando una columna es larga o corta. La condición límite entre una y otra viene dada por la

relación de esbeltez: 
$$\left(\frac{L}{K}\right)_{limite} = \sqrt{\frac{2\delta^2 CE}{S_y}} .$$
 Por lo tanto si la relación de esbeltez

calculada es mayor a la denominada “límite”, entonces tenemos una columna de Euler; de lo contrario tendremos una columna de Jonson.

En todas estas expresiones, las variables simbolizan lo siguiente:

$P_{cri}$ : Condición de equilibrio inestable.

K: Radio de giro (este valor depende de la sección estudiada).

C: Constante de condición en los extremos que depende del tipo de unión; extremos redondeados ( $C = 1$ ), empotramiento ( $C = 1,2$ ), etc.

L: Longitud de la columna.

E: Módulo de Elasticidad del material que compone la columna.

I: Momento de Inercia de la columna.

Resolviendo la ecuación ((9)) en ((10)) y ((11)) nos queda:

Para un Tubo: Si  $D^2 + d^2 \leq \frac{8L^2 S_y}{\delta^2 E}$ ; entonces  $D^4 - d^4 \geq \frac{64n_2 PL^2}{\delta^3 E}$  ((\*)

De lo contrario:

$(4) \frac{PL^2}{\delta^2 E S_y} \leq d^2 \leq (4) \frac{PL^2}{\delta^2 E S_y} + \frac{64n_2 PL^2}{\delta^3 E}$  ((\*\*))

Para una Pletina: Si  $h \leq L \sqrt{\frac{6S_y}{\delta^2 E}}$ ; entonces  $bh^3 \geq \frac{12PL^2}{\delta^2 E}$  ((\*\*))

De lo contrario:  $b \geq \frac{\delta^2 E Ph}{\delta^2 E h^2 S_y - 3S_y L^2}$  ((\*\*))

## ESFUERZOS COMBINADOS

Debido a que en algunas uniones se presentan cargas axiales excéntricas, éstas ocasionan aparte de una compresión, una flexión que puede originar una flecha en el caso de tubos esbeltos (muy largos en comparación con el área transversal); estos son los casos que consideraremos como los verdaderamente críticos.

Para que la flecha no sobrepase el punto de fluencia del material se debe cumplir

la siguiente relación: 
$$\frac{F \cdot e \cdot \sec\left(\sqrt{\frac{F}{E \cdot I}} \cdot L\right)}{Z} \leq \frac{S_y}{n}$$
 ((12))

Como el argumento de la secante tiende a cero (0), la ecuación anterior se puede aproximar a: 
$$F \leq \frac{Z \cdot S_y}{n \cdot e} \quad ((13)) ;$$
 donde “e” representa la excentricidad.

Hay esfuerzos que hemos omitido ya que su valor es despreciable por las condiciones de diseño. Los esfuerzos omitidos son:

- § Esfuerzos por torsión: ya que no hay momentos considerables aplicados en la dirección axial en ninguno de los casos estudiados.
- § Esfuerzos térmicos: ya que no habrá cambios considerables de temperatura siempre que el uso de la andadera se limite a lo convencional.
- § Esfuerzos por fatiga: ya que las cargas aplicadas las podemos considerar estáticas.

## RESUMEN DE LAS TEORÍAS DE FALLAS

### TEORÍA DEL ESFUERZO NORMAL MÁXIMO:

Para un Tubo:  $F_1 \leq \frac{\delta S_y (D) - T\phi}{4n_1}$  /  $\Phi 7 \ 19.184$  Para una Pletina:  $F_1 \leq \frac{T\phi b h S_y}{n_1}$  0 0 1 285.1

### TEORÍA DEL ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO:

Para un Tubo:  $F_t \leq \frac{\delta S_y (D) - T\phi}{8n_1}$  /  $\Phi 7 \ 19.184$  Para una Pletina:  $F_t \leq \frac{T\phi b h S_y}{3n_1}$  0 0 1 285.6

### PANDEO DE COLUMNAS:

Para un Tubo: Si  $D^2 + d^2 \leq \frac{8L^2 S_y}{\delta^2 E}$  entonces  $F_{cri} \leq \frac{\delta^3 E (D) - T\phi}{64L^2}$  /  $\Phi 7 \ 19.20$

De lo contrario:  $F_{cri} \leq \frac{D^2 - d^2}{D^2 + d^2} \cdot \frac{(D) - T\phi \delta^2 E S_y}{4\pi E}$  /  $\Phi 7 \ 19.215$   $T\phi \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 334.0$

Para una Pletina: Si  $h \leq L \sqrt{\frac{6S_y}{\delta^2 E}}$  entonces  $F_{cri} \leq \frac{\delta^2 E b h^3}{12L^2}$

De lo contrario:  $F_{cri} \leq \frac{b(\delta^2 E h^2 - 3S_y)}{\delta^2 E h}$  /  $\Phi 7 \ 19.215$   $T\phi \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 334.0$

### DEFLEXIÓN MAXIMA:

Para una viga simplemente apoyada:  $Y_{m\acute{a}x} = -\frac{Fa^2 b^2}{3EI(a+b)}$  /  $\Phi 7 \ 15.855$   $T\phi \ 1 \ 0 \ 0$

### ESFUERZOS COMBINADOS DE FLEXION-COMPRESION:

Para un Tubo:  $F \leq \frac{Z \cdot S_y}{n \cdot e}$

## CHEQUEO DE LAS TEORÍAS DE FALLAS

El siguiente paso consistirá en chequear todos y cada uno de los elementos que componen nuestra andadera y verificar que cumplen con las principales teorías de fallas.

Para nuestro diseño tomaremos un factor de seguridad de 2 y consideraremos que el usuario más pesado tiene una masa de 40 Kg. (  $P = 400 \text{ Nw}$ . aproximadamente). Tomamos este peso que se acerca a un niño bastante obeso de unos 8 años que es la edad promedio para la talla en cuestión.

Se considerará crítico aquel elemento que ceda con un peso inferior a los 400 Nw, aunque no quiere decir esto que falle; solo después de un estudio más detallado del elemento y tomando en cuenta las verdaderas dimensiones se verá si efectivamente falla o no.

Los elementos a ser estudiados son: los tubos de 7/8", los tubos de 3/4" (extensión telescópica) las pletinas de 3/4"x1/4" y las pletinas de 3/4"x1/2"

Los valores de las variables que intervendrán en los cálculos son:

§ Resistencia de fluencia  $S_y = 145 \text{ MPa}$

§ Módulo de Elasticidad:  $E = 69 \text{ Gpa}$

§ Tubo de 7/8"  $\left\{ \begin{array}{l} D = 22,225 \text{ mm} \\ d = 19,625 \text{ mm} \end{array} \right\}$

§ Tubo de 3/4"  $\left\{ \begin{array}{l} D = 19,05 \text{ mm} \\ d = 16,45 \text{ mm} \end{array} \right\}$

§ Pletina delgada  $\left\{ \begin{array}{l} b = 6,35 \text{ mm} \\ h = 19,05 \text{ mm} \end{array} \right\}$

§ Pletina gruesa  $\left\{ \begin{array}{l} b = 12,7 \text{ mm} \\ h = 19,05 \text{ mm} \end{array} \right\}$

Se colocará un cálculo tipo y de resto se colocarán los resultados directamente.

Para saber las dimensiones ver diagramas 24, 25, 26 y 27.

ESFUERZOS POR TRACCIÓN - COMPRESIÓN

TUBO AI:

$$\begin{array}{l}
 \S \text{ Tubo de 7/8"} \text{ (Compresión)} \quad F_1 \leq \frac{\delta S_y (D) - T\phi}{4n_1} / \left\{ \begin{array}{l} S_y = 145 \text{ MPa} \\ D = 22,225 \text{ mm} \\ d = 19,625 \text{ mm} \\ n = 2 \\ F = 2,444 \cdot P \end{array} \right\} T\phi \ 1 \ 0 \ 0 \\
 2,444 \cdot P \leq \frac{3,1416 \cdot 145 \cdot (22,225 - 19,625)}{4 \cdot 2} \Rightarrow 19.289 \quad T\phi \ 1 \ 0 \ 0 \quad P \leq 2374 \text{ Nw} \quad 1 \ 317.52
 \end{array}$$

§ Tubo de 3/4" (Compresión)  $P \leq 26614 \text{ Nw}$

TUBO JB:

§ Tubo de 7/8" (Compresión)  $P \leq 20109 \text{ Nw}$

§ Tubo de 3/4" (Compresión)  $P \leq 17122 \text{ Nw}$

PLETINA HJ:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Tracción)  $P \leq 4078 \text{ Nw}$

PLETINA KML:

§ Pletina de 3/4"x1/2" (Tracción)  $P \leq 3392 \text{ Nw}$

PLETINA CD:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Tracción)  $P \leq 4603 \text{ Nw}$

PLETINA EF:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Compresión)  $P \leq 1872 \text{ Nw}$

PLETINA HG:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Compresión)  $P \leq 5813 \text{ Nw}$



## ESFUERZO CORTANTE

### TUBO AI:

§ Tubo de 7/8" (Punto G)  $P \leq 528 \text{ Nw}$

§ Tubo de 3/4" (Punto C)  $P \leq 742 \text{ Nw}$

### TUBO JB:

§ Tubo de 7/8" (Punto F)  $P \leq 468 \text{ Nw}$

§ Tubo de 3/4" (Punto D)  $P \leq 642 \text{ Nw}$

### PLETINA HJ:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Punto I)  $P \leq 719 \text{ Nw}$

### PLETINA KML:

§ Pletina de 3/4"x1/2" (Punto M)  $P \leq 7777 \text{ Nw}$

PLETINA CD: No está sometida a esfuerzos cortantes.

PLETINA EF: No está sometida a esfuerzos cortantes.

PLETINA HG: No está sometida a esfuerzos cortantes.

## CARGA CRITICA POR PANDEO

### TUBO AI:

§ Tubo de 7/8" (Compresión)  $P \leq 50 \text{ GNw}$

§ Tubo de 3/4" (Compresión)  $P \leq 0,1 \text{ GNw}$

### TUBO JB:

§ Tubo de 7/8" (Compresión)  $P \leq 20 \text{ GNw}$

§ Tubo de 3/4" (Compresión)  $P \leq 325 \text{ GNw}$

PLETINA HJ: No está sometida a compresión.

PLETINA KML: No está sometida a compresión.

PLETINA CD: No está sometida a compresión.

PLETINA EF:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Compresión)  $P \leq 0,4 \text{ GNw}$

PLETINA HG:

§ Pletina de 3/4"x1/4" (Compresión)  $P \leq 10 \text{ GNw}$

ESFUERZO POR FLEXIÓN

En este estudio nos aseguraremos que  $Y_{\max} < L_{\text{brazo}}/500$  como criterio de seguridad.

TUBO AI: Tramo CI

§ Tubo de 7/8"  $Y_{\max} < L_{\text{brazo}}/500$   $0,02 < 1,2$

TUBO JB:

§ Tubo de 7/8"  $Y_{\max} < L_{\text{brazo}}/500$   $0,021 < 1,022$

PLETINA KML:

§ Pletina de 3/4"x1/2"  $Y_{\max} < L_{\text{brazo}}/500$   $0,03 < 0,932$

DEFLEXIÓN MÁXIMA EN LOS ASIDEROS

ASIDERO:

$$Y_{\max} = \frac{5Fa^3}{6EI}$$

$a = 50 \text{ mm.}$        $b = 50 \text{ mm.}$

$F = 0,5P.P$        $P = 400 \text{ Nw.}$

$E = 69 \text{ Gpa.}$        $I = 2870 \text{ mm}^4.$

Para nuestro caso  $Y_{\max} = 0,008 \text{ mm} \leq L/500 = 0,2.$

## ESFUERZOS COMBINADOS DE FLEXION-COMPRESION

### TUBO AI:

§ Tubo de 7/8" (Compresión)  $P \leq 2078 \text{ Nw}$

### TUBO JB:

§ Tubo de 7/8" (Compresión)  $P \leq 2845 \text{ Nw}$

Como podemos observar el mecanismo supera las más importantes teorías de fallas con un factor de seguridad de 2, por lo que podemos considerarla suficientemente segura.

## CAPITULO 6

# DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

## COMPRA MÍNIMA DE MATERIAL

La compra mínima de material para la construcción de 12 andaderas

Denominación del material	Dimensión	Longitud o número de unidades x andadera	Longitud o número de unid. x 12 andaderas	Compra para 12 andaderas	Costo unitario/ Costo total . Aproximado en Bolívares
Barra cuadrada de aluminio.	32mm x 32mm	0,43 m.	5,16 m.	1 barra de 6,1 m.	70.000
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/4"	2,58 m.	30,96 m.	6 pletinas de 6,1 m.	16.000/96.000
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/2"	1 m.	12 m.	2 pletinas de 6,1 m.	30.000/60.000
Tubo de aluminio.	Ö = 3/4" e = 1.3 mm	1,2 m.	14,4 m.	3 tubos de 6,1 m.	11.000/33.000
Tubo de aluminio.	Ö = 7/8" e = 1.3 mm	2,32 m.	27,84 m.	6 tubos de 6,1 m.	14.000/84.000
Barra nylon grafitado	Ö = 1"	70 mm.	0,84 m.	1 barra de 1 m.	100.000
Ruedas de goma.	Ö = 4"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	14.000/336.000
Ruedas de goma.	Ö = 3"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	10.000/240.000
Barra roscada.	Ö = 5/16"	160 mm.	1,92 m.	2 barras de 1 m.	5.000/10.000

Denominación del material	Dimensión	Longitud o número de unidades x andadera	Longitud o número de unidad. x 12 andaderas	Compra para 12 andaderas	Costo unitario/ Costo total . Aproximado en Bolívares
Tornillos galvanizados rosca/completa	Ö = 5/16" L = 3 1/2"	8 unid.	96 unid.	96 unid.	700/67.200
Tornillos galvanizados rosca/completa	Ö = 5/16" L = 3"	4 unid.	48 unid.	48 unid.	660/31.680
Tornillos galvanizados rosca/completa	Ö = 5/16" L = 1 1/2"	1 unidad	12 unid.	12 unid.	580/6.960
Tornillos galvanizados rosca/completa	Ö = 1/4" L = 2 1/2"	4 unid.	48 unid.	48 unid.	400/19.200
Tornillos galvanizados rosca/completa	Ö = 1/4" L = 1 1/2"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	380/9.120
Tuercas galvanizadas de seguridad.	Ö = 5/16"	23 unid.	276 unid.	276 unid.	700/193.200
Tuercas galvanizadas de seguridad.	Ö = 1/4"	8 unid.	96 unid.	96 unid.	630/60.480
Arandelas galvanizadas.	Ö = 5/16"	36 unid.	432 unid.	432 unid.	250/108.000
Arandelas galvanizadas.	Ö = 1/4"	8 unid.	96 unid.	96 unid.	210/20.160

Denominación del material	Dimensión	Longitud o número de unidades x andadera	Longitud o número de unid. x 12 andaderas	Compra para 12 andaderas	Costo unitario/ Costo total . Aproximado en Bolívares
Protector de tornillos	Ö = 5/16"	13 unid.	156 unid.	156 unid.	350/54.600
Protector de tornillos	Ö = 1/4"	4 unid.	48 unid.	48 unid.	300/14.400
Rache de bicicleta	16 dientes	2 unid.	24 unid.	24 unid.	3.000/72.000
Perillas para ajuste	Ö = 5/16"	8 unid.	96 unid.	96 unid.	2.000/192.000
Alcayatas de hierro	Ö = 1"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	350/8.400
Alcayatas de hierro	Ö = 5/16"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	200/4.800
Alcayatas de hierro	Ö = 1/4"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	160//3.840
Manubrios de goma.	Ö = 3/4"	2 unid.	24 unid.	24 unid.	2.500/60.000
Pega "Acero Plástico".		1/4 unidad	3 unid.	3 unid.	5.000/15.000
Cinta adhesiva decorativa		0,28 m.	3 unid.	3 unid.	5.000/15.000
Tela de Loneta		0,2 m. cuadrados.	2,5 m. cuadrados.	2,5 m. cuadrados.	4.000/10.000
Sesgo		2,5 m.	30 m.	30 m.	600/18.000

De los elementos que aparecen en la tabla anterior, todos son comunes a todas las tallas de las andaderas excepto los elementos que tienen el fondo sombreado de gris, que varían de una talla a otra.

El número 12 se debe al hecho de que con 12 andaderas se consumiría completamente la barra cuadrada de 32mm x 32mm de 6,1 metros de largo la cual aparte de ser una de las más costosas es común a todas las tallas.

El costo total aproximado en material para la construcción de 12 andaderas ronda según la tabla anterior y para la fecha aproximadamente Bs. 2.013.040, a lo que haría falta agregar el costo de mano de obra para tener el estimado total.

Nótese sin embargo que el costo en material por cada andadera ronda los Bs. 167.754 por lo que se cumplió el objetivo de economía que nos habíamos trazado, más aún si tomamos en cuenta que los proveedores hacen descuentos por compras masivas (al mayor), así que podríamos esperar que el costo estimado pueda disminuir.

De todas maneras dejaremos el costo estimado intacto porque así como puede disminuir debido a rebajas al comprar al mayor, también hay la tendencia a que pueda aumentar nuevamente por los costos de fletes.

Podemos considerar que como promedio este será el costo de cada andadera en material porque así como algunas tallas de la andadera serán más grandes que la estimada, otras serán menores (esto porque la talla C es la talla media entre las tallas A, B, C, D, E).



## DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Partiremos de la premisa de que se ha adquirido el material para la construcción de 12 andaderas de la talla C y deseamos conocer cuál sería el algoritmo más conveniente para la construcción de dichas andaderas si tomamos en cuenta que sería el mismo para cada una de las 5 tallas. También supondremos que la fabricación y ensamblaje se realizará en un taller que dispone de la siguiente maquinaria mínima:

- § Sierra de corte.
- § Torno con sus respectivas herramientas de corte.
- § Taladro vertical con su respectivo juego de mechas.
- § Mesa con prensa mediana.
- § Juego de limas.
- § Terraaja de 5/16" NC y de 1/4" NC con porta terrajas.

La metodología que presentaremos a continuación no exige que su orden sea estrictamente el que presentamos (puede haber permutación de pasos), pero si es el más recomendable, más aún si tomamos en cuenta que el personal que lo ejecuta no tiene todavía la suficiente destreza en la construcción y ensamblaje de la andadera.

### 1. CORTE DE TUBOS, BARRAS CUADRADAS, BARRAS ROSCADAS Y PLETINAS EN LA SIERRA DE CORTE Y CON LA SEGUETA:

- § Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm: Disponemos de 1 barra de 6,1 metro de longitud y al final de este paso debemos disponer de:

120 barras cuadradas de 32mm x 32mm de 35 mm. de longitud

48 barras cuadradas de 32mm x 32mm de 20 mm. de longitud

24 barras cuadradas de 32mm x 35mm de 12,7 mm. de longitud

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4": Disponemos de 6 pletinas de 6.1 metros de longitud cada una y deseamos hacerle tres grupos de corte distintos.

24 pletinas de 3/4" x 1/4" de 540 mm. de longitud

24 pletinas de 3/4" x 1/4" de 270 mm. de longitud

24 pletinas de 3/4" x 1/4" de 310 mm. de longitud

24 pletinas de 3/4" x 1/4" de 160 mm. de longitud

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/2": Disponemos de 2 pletinas de 6.1 metros de longitud cada una y se debe obtener:

24 pletinas de 3/4" x 1/2" de 500 mm. de longitud

§ Tubo de aluminio de  $\ddot{O} = 3/4"$ ,  $e = 1.3$  mm: Disponemos de 3 tubos de 6.1 metros de longitud y se debe obtener:

48 tubos de  $\ddot{O} = 3/4"$ ,  $e = 1.3$  mm de 300 mm. de longitud

§ Tubo de aluminio de  $\ddot{O} = 7/8"$ ,  $e = 1.3$  mm: Disponemos de 6 de 6.1 metros de longitud y se deben hacer dos grupos de corte.

24 tubos de  $\ddot{O} = 7/8"$ ,  $e = 1.3$  mm de 530 mm. de longitud

24 tubos de  $\ddot{O} = 7/8"$ ,  $e = 1.3$  mm de 630 mm. de longitud

§ Barra cilíndrica de Nylon grafitado de  $\ddot{O} = 1"$ : De 1 barra de 1 metro se obtendrá:

24 barras cilíndricas de  $\ddot{O} = 1"$  de 35 mm. de longitud

§ Barra Roscada de  $\ddot{O} = 5/16"$ : De 2 barras de 1 metro se obtendrá con ayuda de la segueta:

48 barras roscadas de  $\ddot{O} = 5/16"$  de 22 mm. de longitud

36 barras roscadas de  $\ddot{O} = 5/16"$  de 30 mm. de longitud

12 barras roscadas de  $\ddot{O} = 5/16"$  de 40 mm. de longitud

A continuación ofreceremos una tabla con las cantidades específicas de cada pieza y le daremos una asignación algebraica a cada grupo de piezas para que la construcción y el ensamblaje sean más fáciles:

Denominación del material	Dimensión	Longitud por pieza	Piezas x andadera	Número de piezas x 12 andaderas	Asignación de la Pieza
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	35 mm.	2	24	A1
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	35 mm.	2	24	A2
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	35 mm.	2	24	A3
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	35 mm.	2	24	A4
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	35 mm.	2	24	A5
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 32 mm	20 mm.	4	48	A6
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 35 mm	12,7 mm.	1	12	A7
Barra cuadrada de aluminio.	32 mm x 35 mm	12,7 mm.	1	12	A8

Denominación del material	Dimensión	Longitud por pieza	Piezas x andadera	Número de piezas x 12 andaderas	Asignación
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/4"	540 mm.	2	24	B1
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/4"	270 mm.	2	24	B2
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/4"	310 mm.	2	24	B3
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/4"	160 mm.	2	24	B4
Pletina de aluminio.	3/4" x 1/2"	500 mm.	2	24	B5
Tubo de aluminio.	$\ddot{O} = 3/4"$ e = 1.3 mm	300 mm.	2	24	C1
Tubo de aluminio.	$\ddot{O} = 3/4"$ e = 1.3 mm	300 mm.	2	24	C2
Tubo de aluminio.	$\ddot{O} = 7/8"$ e = 1.3 mm	530 mm.	2	24	D1
Tubo de aluminio.	$\ddot{O} = 7/8"$ e = 1.3 mm	630 mm.	2	24	D2
Tubo de aluminio.	$\ddot{O} = 7/8"$ e = 1.3 mm	130 mm.	2	24	D3
Barra roscada	$\ddot{O} = 5/16"$	22 mm.	4	48	E1
Barra roscada	$\ddot{O} = 5/16"$	30 mm.	3	36	E2
Barra roscada	$\ddot{O} = 5/16"$	40 mm.	1	12	E3
Barra de nylon grafitado.	$\ddot{O} = 1"$	35 mm.	2	24	F

## 2. TRABAJO DE TALADRADO:

### § Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A1):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

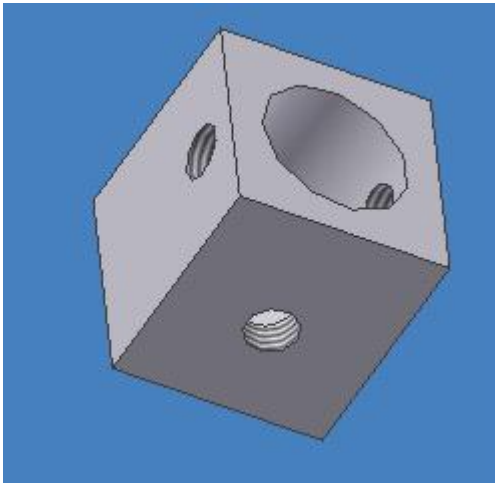


Figura N° 33. Pieza A1 . Se observa el mecanizado aplicado a 24 piezas según el plano AND00 - 0101

### § Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A2):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

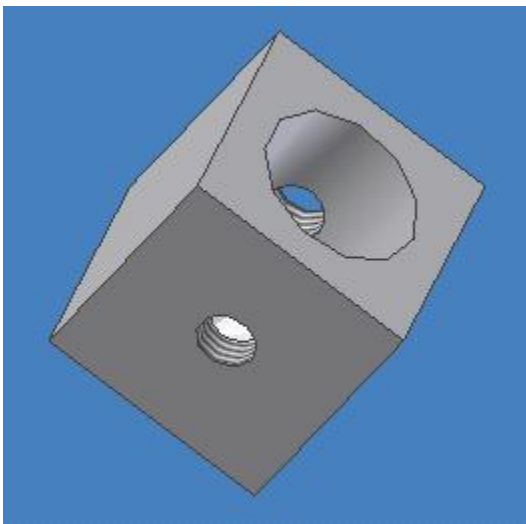


Figura N° 34. Pieza A2 . Se observa el mecanizado aplicado a 24 piezas según el plano AND00 - 0201

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A3):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

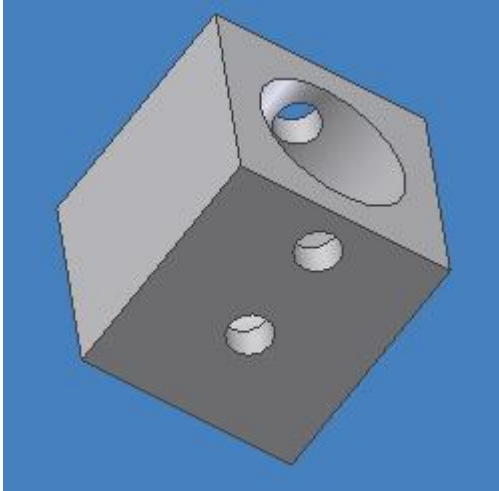


Figura N° 35. Pieza A3 . Se observa el mecanizado aplicado a 24 piezas según el plano AND00 - 0301

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A4):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

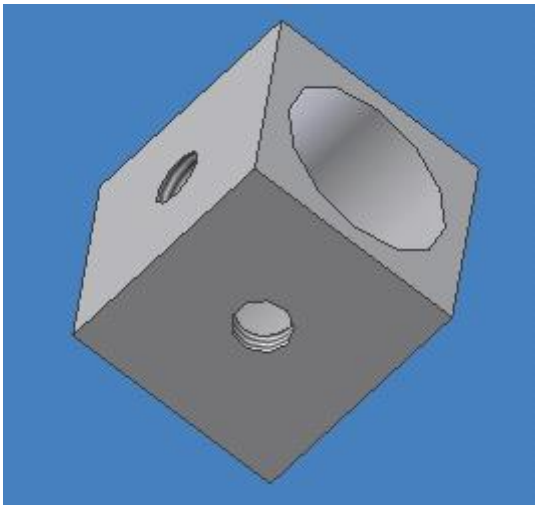


Figura N° 36. Pieza A4 . Se observa el mecanizado aplicado a 24 piezas según el plano AND00 - 0501

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A5):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

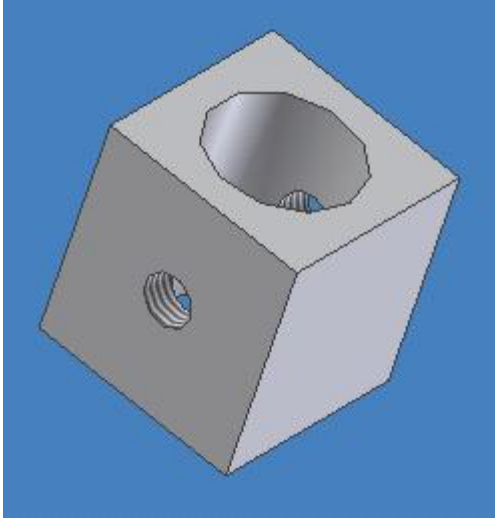


Figura N° 37. Pieza A5 . Se observa el mecanizado aplicado a 24 piezas según el plano AND00 - 0700

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 32mm (PIEZA A6):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

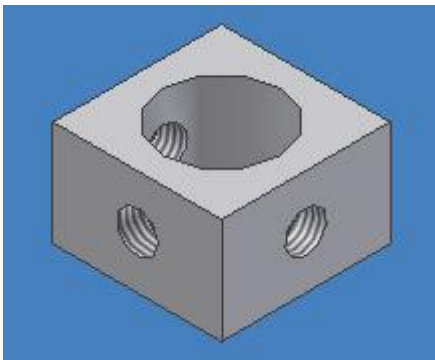


Figura N° 38. Pieza A6 . Se observa el mecanizado aplicado a 48 piezas según el plano AND00 - 0900

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 35mm (PIEZA A7):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

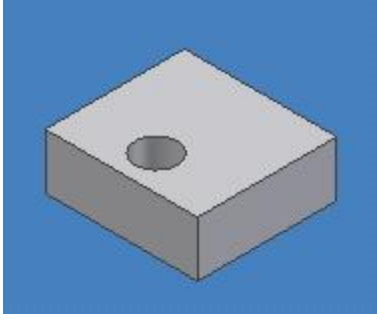


Figura N° 39. Pieza A7 . Se observa el mecanizado aplicado a 12 piezas según el plano AND00 - 1400

§ Barra cuadrada de aluminio de 32mm x 35mm (PIEZA A8):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

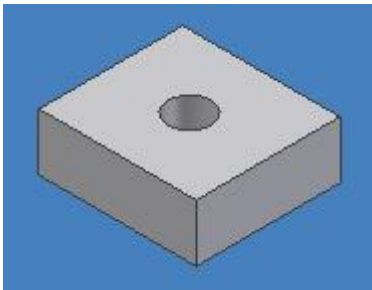


Figura N° 40. Pieza A8 . Se observa el mecanizado aplicado a 12 piezas según el plano AND00 - 0600



§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4" (PIEZA B1):

Las perforaciones se harán en el taladro vertical y las ranuras con la ayuda de la segueta.

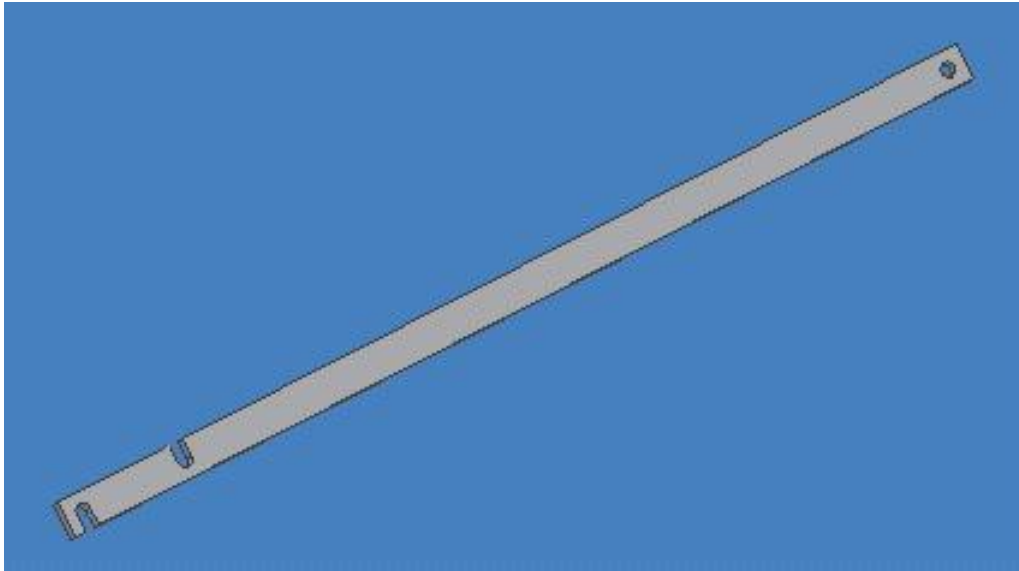


Figura N° 41. Pieza B1 . Perforaciones aplicadas a 24 piezas según el plano AND00 - 1000

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4" (PIEZA B2):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

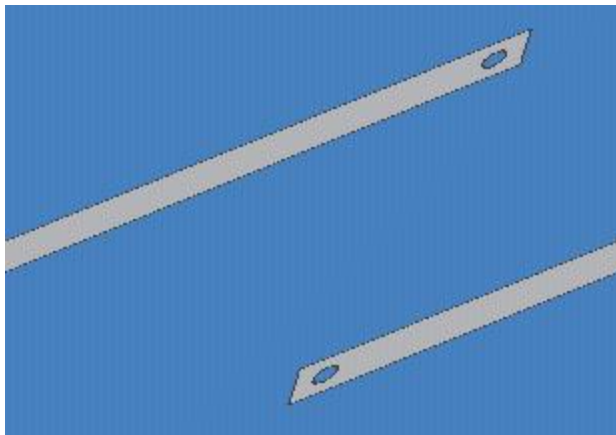


Figura N° 42. Pieza B2 . Perforaciones sobre 24 piezas según el plano AND00 - 0800

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4" (PIEZA B3):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

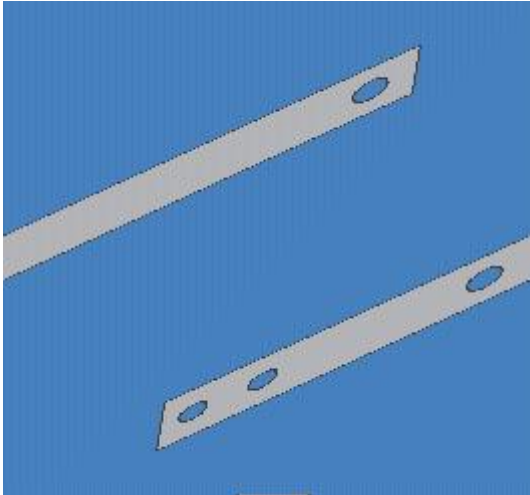


Figura N° 43. Pieza B3 . Perforaciones sobre 24 piezas según el plano AND00 - 0400

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4" (PIEZA B4):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical y la ranura con ayuda de la segueta.

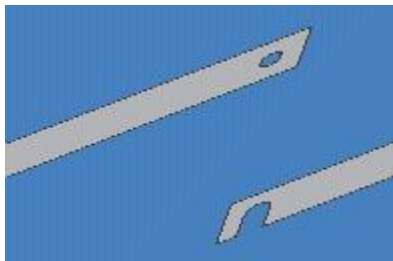


Figura N° 44. Pieza B4 . Perforaciones aplicadas a 24 piezas según el plano AND00 - 1300

§ Pletina de aluminio de 3/4" x 1/4" (PIEZA B5):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.



Figura N° 45.  
Pieza B5 . Perforaciones  
aplicadas a 24 piezas  
según el plano  
AND00 - 1500

§ Tubo de aluminio de  $\varnothing = 3/4"$ , e = 1.3 mm (PIEZA C1):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.



Figura N° 46. Pieza C1 .  
Perforaciones sobre 24 tubos  
según el plano  
AND00 - 1200

§ Tubo de aluminio de  $\text{Ö} = 3/4"$ ,  $e = 1.3 \text{ mm}$  (PIEZA C2):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.



Figura N° 47. Pieza C2 .  
Perforaciones sobre 24 tubos  
según el plano  
AND00 - 1100

§ Tubo de aluminio de  $\text{Ö} = 7/8"$ ,  $e = 1.3 \text{ mm}$  (PIEZA D1):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.

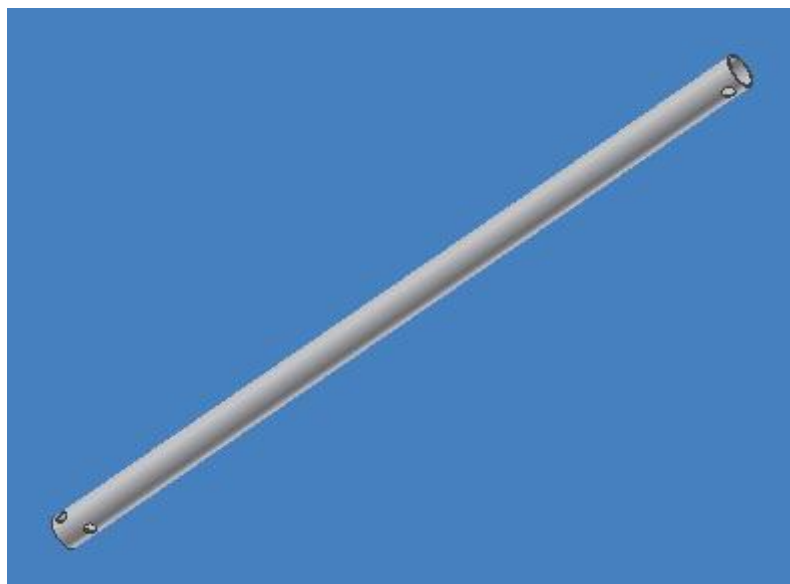


Figura N° 48. Pieza D1 . Perforaciones aplicadas a 24  
piezas según el plano  
AND00 - 0102

§ Tubo de aluminio de  $\text{Ö} = 7/8"$ ,  $e = 1.3 \text{ mm}$  (PIEZA D2):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.



Figura N° 49. Pieza D2 . Perforaciones aplicadas a 24 piezas según el plano  
AND00 - 0202

§ Tubo de aluminio de  $\text{Ö} = 7/8"$ ,  $e = 1.3 \text{ mm}$  (PIEZA D3):

Las perforaciones se realizarán en el taladro vertical.



Figura N° 50. Pieza D3 . Perforaciones aplicadas a 24 piezas según el plano  
AND00 - 0302

### 3. TRABAJO DE TORNERÍA:

#### § Barra cilíndrica de nylon de $\bar{O} = 1"$ (PIEZA F):

Las 24 barras de plástico pasarán a ser bocinas que en el tubo tendrán un asiento deslizante.



Figura N° 51. Pieza F . Mecanizado a las 24 bocinas según el plano AND00 - 0502

### 4. UNION DE PIEZAS. USO DEL PEGAMENTO:

Las piezas que han de ser unidas y/o pegadas serán clasificadas en grupos que recibirán una nueva designación que facilite más aún el ensamblaje. En la tabla que sigue se especifican cuáles son las piezas que formaran los grupos y las cantidades.

GRUPOS	Número de cada pieza x andadera	Número de piezas x 12 andaderas	Asignación del Grupo
A1 + D1	1	12	1
A1 + A7 + D1	1	12	2
A2 + D2	2	24	3
A3 + D3	2	24	4
A4 + F	1	12	5
A4 + A8 + F	1	12	6

§ GRUPO 1 = A1 + D1      N° de Grupos = 12

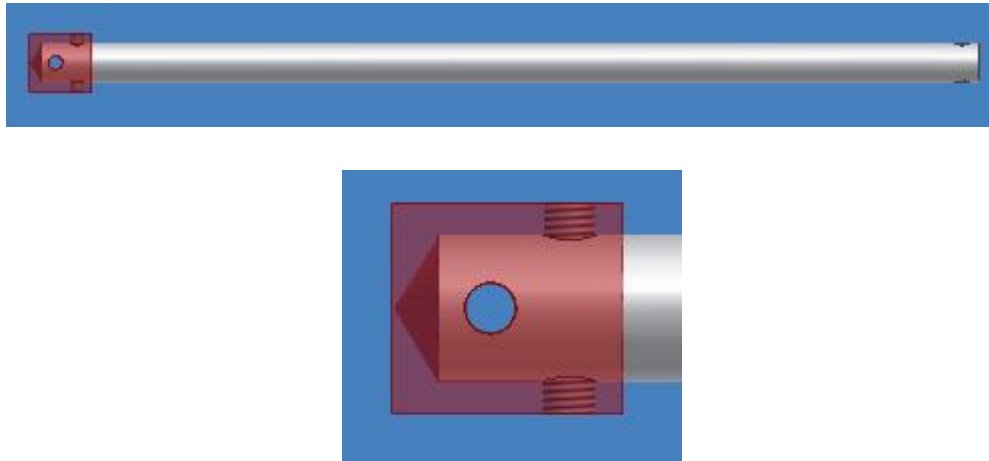


Figura N° 52. Grupo 1. Forma correcta como deben ir pegadas las piezas.

§ GRUPO 2 = A1 + A7 + D1.      N° de Grupos = 12

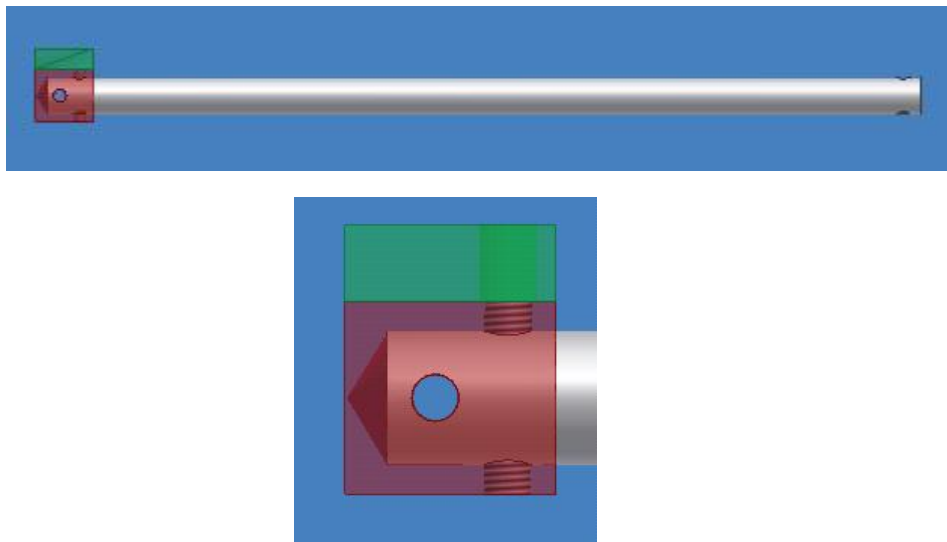


Figura N° 53. Grupo 2. Forma como se alinean las piezas para pegarlas. Nótese que el agujero superior y el inferior deben estar alineados correctamente.

§ GRUPO 3 = A2 + D2      N° de Grupos = 24

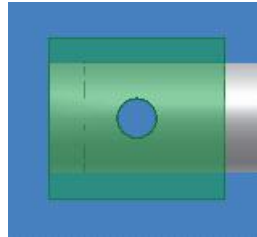


Figura N° 54. Grupo 2. Forma como se alinean las piezas para pegarlas. Nótese que el agujero superior y el inferior deben estar alineados correctamente.

§ GRUPO 4 = A3 + D3      N° de Grupos = 24



Figura N° 55. Grupo 1. Forma correcta como deben ir pegadas las piezas.



§ GRUPO 5 = A4 + F      N° de Grupos = 12

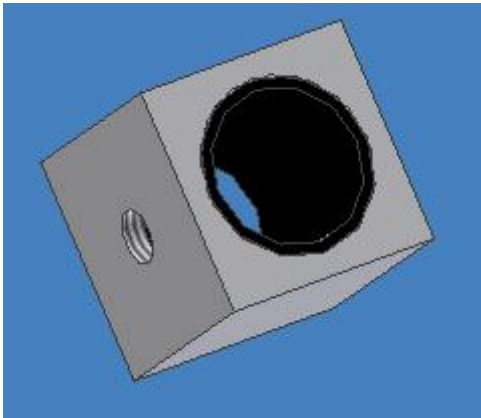


Figura N° 56. Grupo 3. Forma como se pega la bocina en la pieza.

§ GRUPO 6 = A4 + A8 + F      N° de Grupos = 12

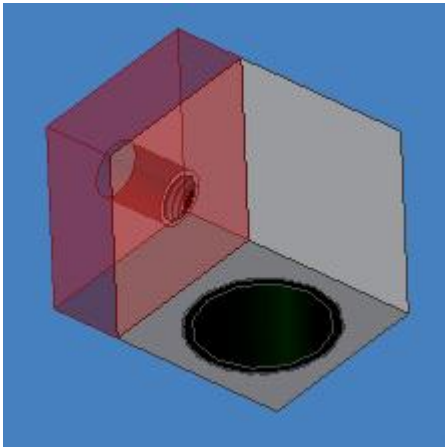


Figura N° 57. Grupo 3. Forma correcta como deben ir pegadas las piezas.

## 5. ENSAMBLAJE:

El ensamblaje se realizará siguiendo los pasos que a continuación se mencionan y se ilustran con la siguiente secuencia gráfica.

§ PASO 1: N° de Laterales Izquierdos = 12

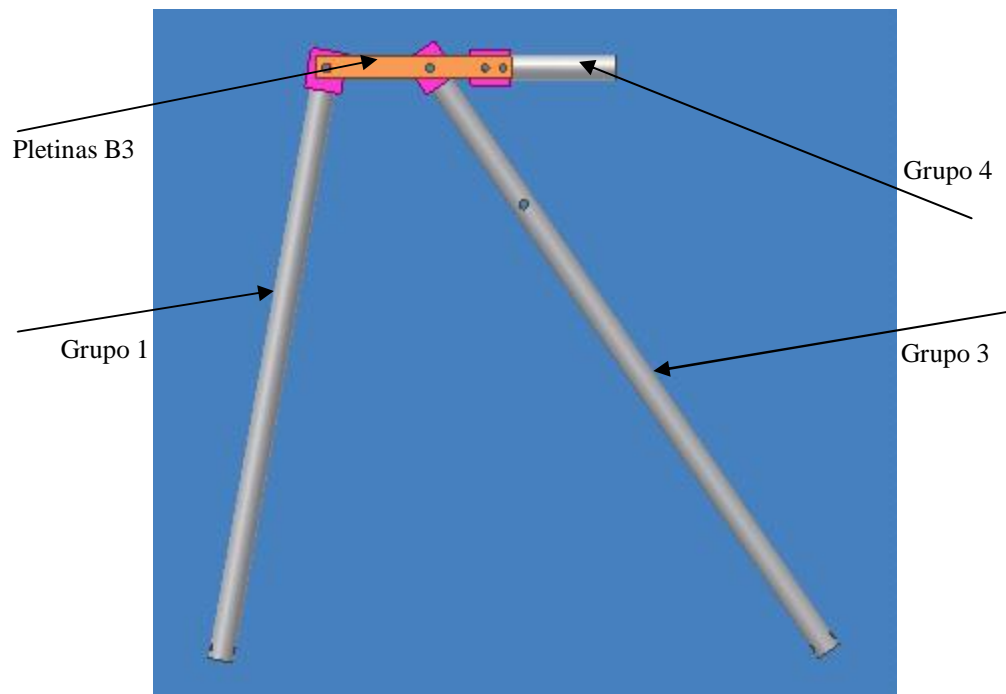


Figura N° 58.

Ensamble de los grupos 1, 3 y 4 mediante el par de pletinas B3.  
La unión es mediante los tornillos galvanizados rosca completa.  
Los tornillos y las tuercas deben llevar arandelas planas de 1 ó 2 mm.  
de espesor.  
El apriete de las tuercas de seguridad debe ser tal que permita el libre  
giro de las pletinas sin que se observen vibraciones.

§ PASO 2: N° de Laterales Derechos = 12

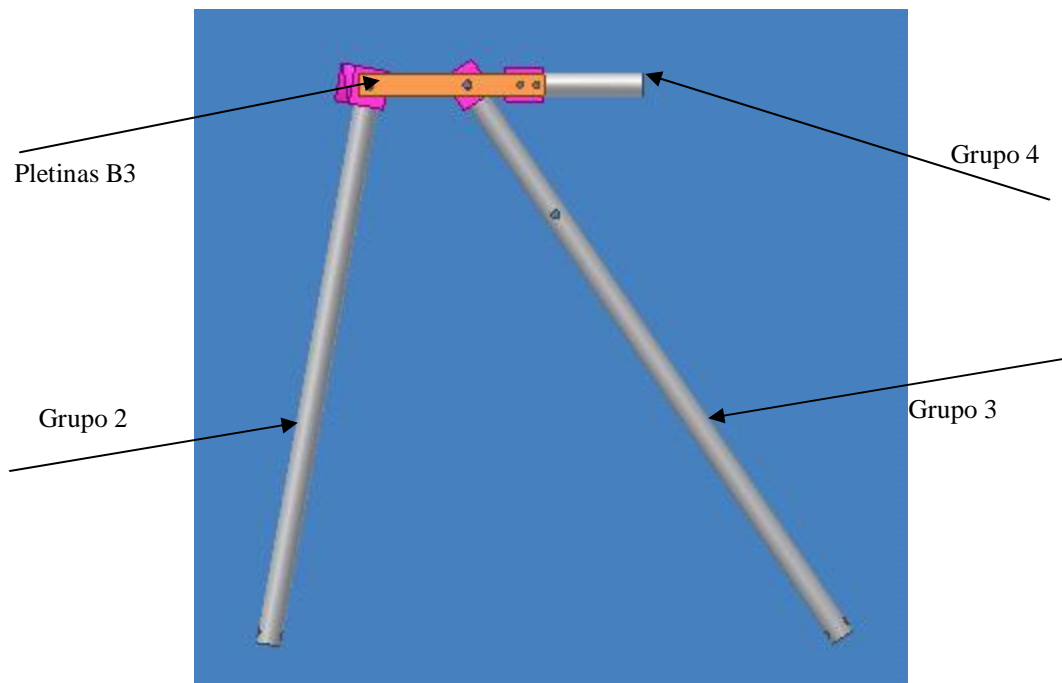


Figura N° 59.

Ensamblaje de los grupos 2, 3 y 4 mediante el par de pletinas E.

La unión es mediante los tornillos galvanizados rosca completa con cabeza redonda.

Los tornillos y las tuercas deben llevar arandelas planas de 1 ó 2 mm. de espesor.

El apriete de los tornillos de seguridad debe ser tal que permita el libre giro de las pletinas sin que se observen vibraciones.

§ PASO 3: N° de Laterales = 12 Izquierdos Completos.

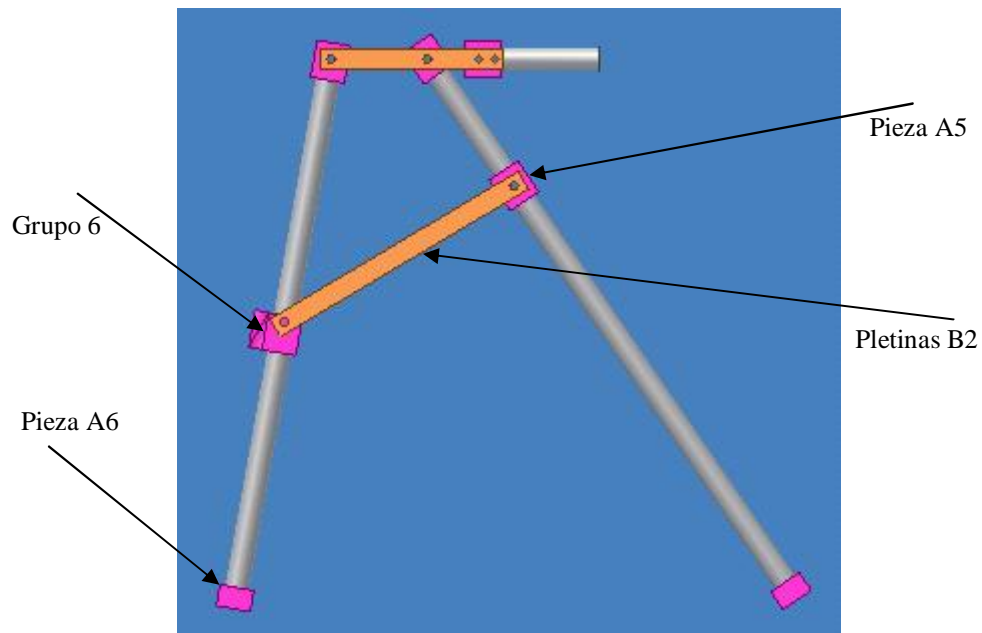


Figura N° 60.

Agregando nuevos elementos al ensamblaje según se especifica.

Las piezas A6 y el grupo 6 van unido a sus tramos mediante los trozos de barra roscada.

§ PASO 4: N° de Laterales = 12 Derechos Completos.

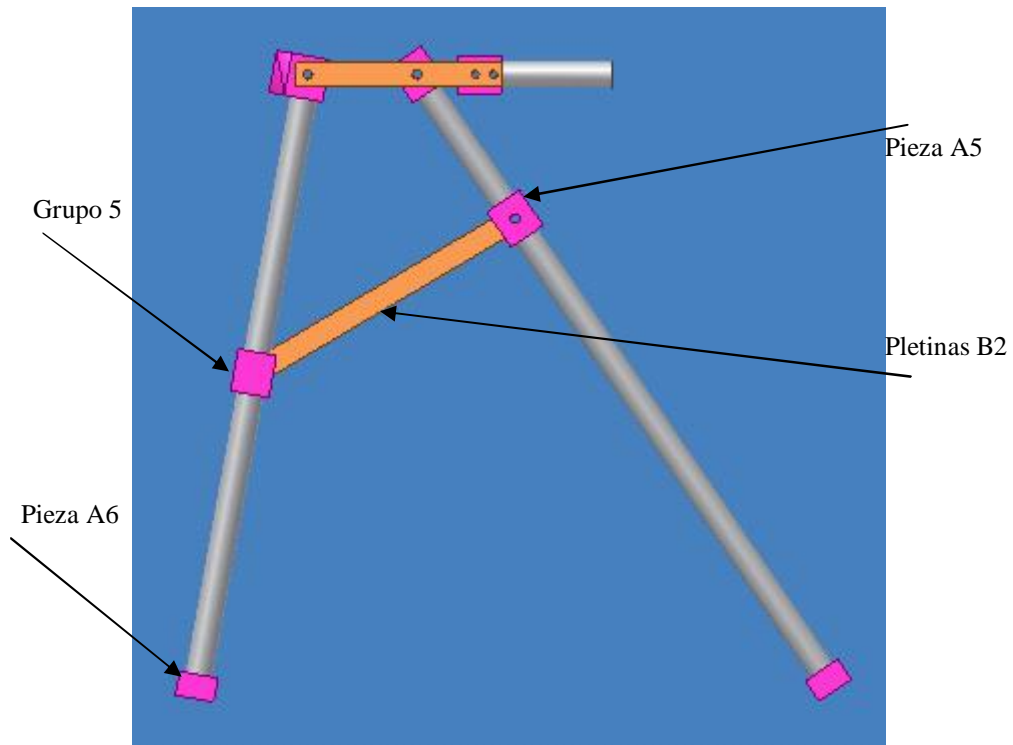


Figura N° 61.  
Agregando nuevos elementos al ensamblaje según se especifica.  
Las piezas A6 y el grupo 5 van unido a sus tramos mediante los trozos de barra roscada.

§ PASO 5: N° de Conjuntos = 12 (Unión de Laterales).

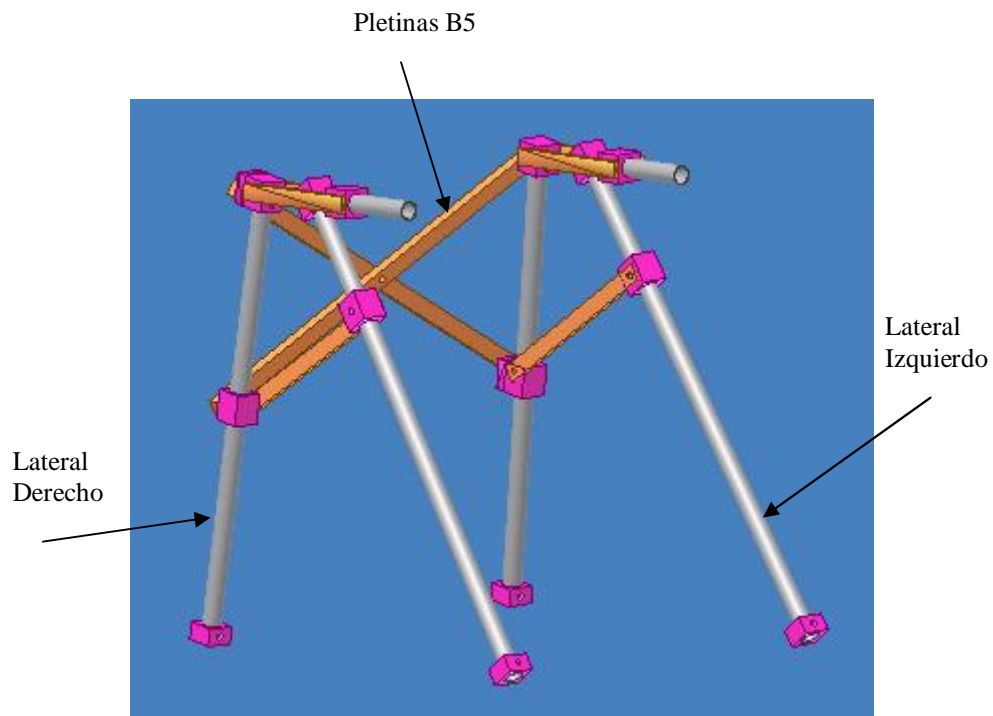


Figura N° 62.

Agregando las pletinas B5 encargadas de unir los laterales.

Se debe verificar que la andadera abra y cierre con facilidad pero que no se perciba vibraciones o tembleques.

También hay que asegurarse que la cabeza de los tornillos quede en la parte interior de la andadera.

§ PASO 6: Agregando Fijadores.

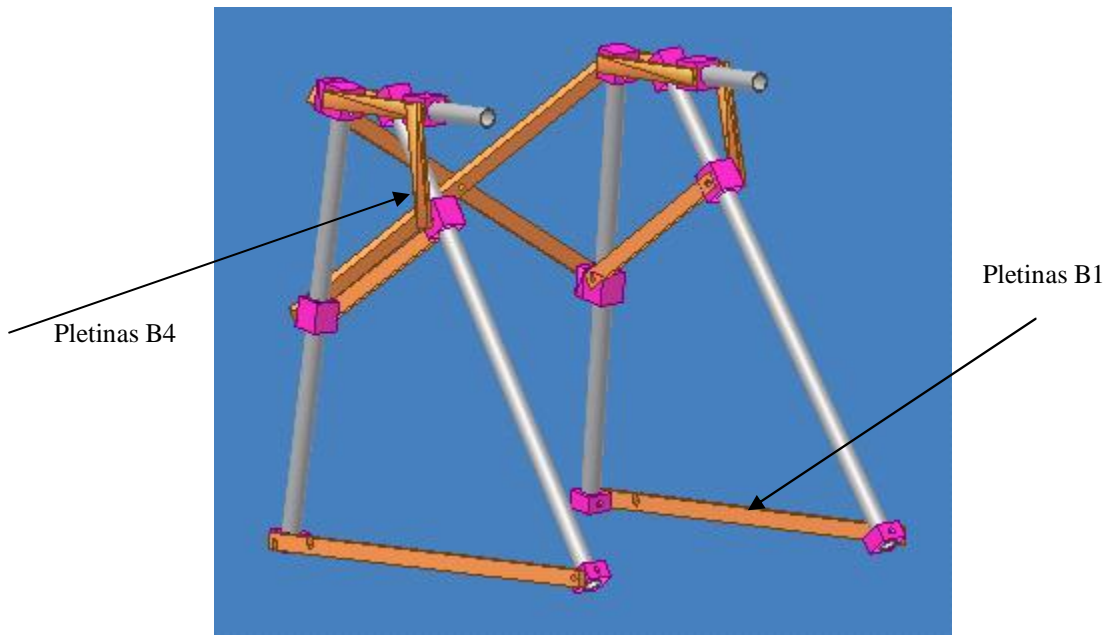


Figura N° 63.

Agregando las pletinas B1 y B4 encargadas de mantener fija la andadera de modo tal que no se cierre.

La estructura debe quedar completamente estática y firme, no debe presentar vibraciones ni ningún tipo de movimiento.

§ PASO 7: Agregando Extensiones Telescópicas.

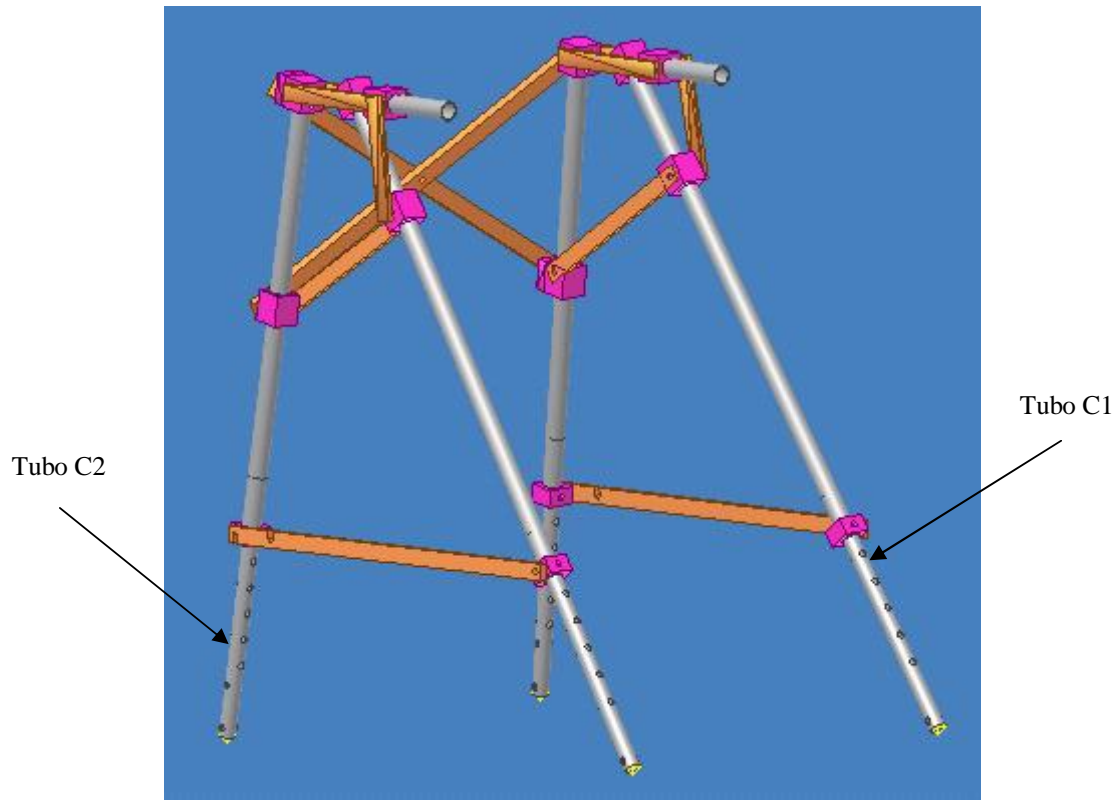


Figura N° 64.  
Agregando las extensiones  
telescópicas que sirven para  
graduar la altura del usuario.



§ PASO 8: Agregando accesorios.



Figura N° 65.

Agregando los accesorios finales. El procedimiento señalado es el mismo para cada una de las tallas ya que la diferencia entre una y otra estriba en las dimensiones de las piezas, pero la forma de la andadera es idéntica en cada caso.

## TALLAS DE LA ANDADERA

TALLA	Altura del tope de las manos en mm.	Distancia entre manos. Profundidad / ancho
A	350 – 550	250/310
B	550 – 750	280/330
C	750 – 950	300/380
D	950 – 1150	340/420

Con las 4 tallas que podemos ver en la tabla anterior se abarcan todas las etapas de la infancia entre los 3 y los 12 años aproximadamente, sin embargo es bueno acotar que la determinación de una talla no viene dada por la edad del infante sino por la altura de la zona pélvica como se ilustra en la siguiente figura.

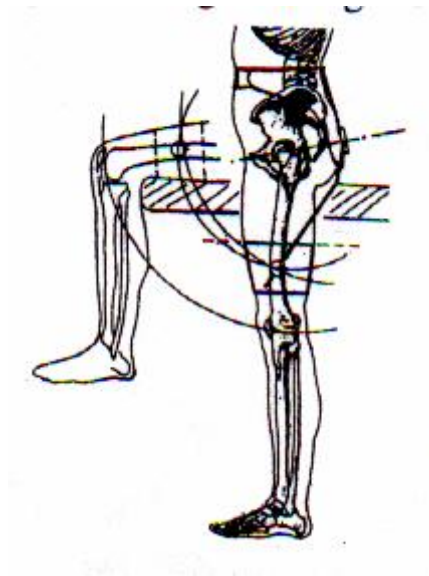


Figura N° 66.  
Se puede observar la zona pélvica que es específicamente en la que se guía el fisiatra para determinar la talla de andadera que sirve al usuario.

# CAPITULO 7

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La andadera ortopédica una vez probada por pacientes (de cuya prueba existe una filmación grabada) y luego de ser analizada por especialistas fisiatras se llegó a la conclusión de que ahora disponíamos de un excelente producto de fabricación nacional que estaba listo para iniciar las pruebas correspondientes a una primera serie corta que permita evaluar su comportamiento en condiciones reales.

Antes de iniciar la fabricación definitiva se recomienda lo siguiente:

- § Sabemos que la andadera dispone de 6 niveles de crecimiento; a cada nivel de crecimiento el usuario lo ajusta variando la posición de una extensión telescópica con un pasador transversal. Recomendamos que se evalúe la posibilidad de conseguir en el mercado un pasador con resorte (otros disponen de una pletina flexible), de manera que al usuario se le haga más fácil poder cambiar el nivel de altura, aunque también por razones de practicidad y de estética.
- § Estudiar la posibilidad de agregar 2 extensiones telescópicas con regatones en la base de manera que puedan sustituir las ruedas traseras cuando la mejoría del paciente lo amerite.
- § Recomendamos sustituir los tubos del diseño por otros de mayor calibre (el valor más adecuado quizás sea 1 pulgada) y que tenga también mayor espesor (por lo menos unos 2 milímetros), de esta manera contribuiríamos a que se mejore mucho más el factor de seguridad y se expendería un producto más duradero.
- § Reducir en lo posible la altura de las piezas que sirven de vinculo en la andadera, esto con la intención de que con una barra cuadrada se puedan obtener mayor cantidad de estos.

En general, a criterio del diseñador no existen mayores inconvenientes en el funcionamiento ni en la apariencia de este producto, pero si es una aspiración el que se optimice dicho diseño. Esto lo podemos saber si tomamos en cuenta que es muy difícil obtener un producto óptimo en el diseño original sino que por lo general quedan sujetos a cambios y mejoras como seguramente ocurrirá con la andadera plegable.

## BIBLIOGRAFÍA

- § Pérez Calero, Roque. “Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros” Mc. Graw Hill, Madrid – España. 1999.
- § Shigley, Joseph. “Manual de diseño mecánico” , Mc. Graw Hill, México. 1990. Tomo IV.
- § Hidgon, Archie. “Mecánica aplicada a la resistencia de los materiales” Compañía Editorial Continental S.A., México 1960.
- § Bartolon, Carlos. “Teoría de Estructuras”, Fondo Editorial Lola De Fuenmayor. Caracas 1981. Volumen I.
- § Timoshenko, S. “Resistencia de Materiales” Novena Edición, Espasa – Calpe, S.A. Madrid 1961.
- § Facultad de Medicina – UBA. [Página Web disponible].  
Disponible : <http://www.fmed.uba.ar/>
- § MEDSPAIN. [Página Web en línea].  
Disponible : <http://www.medspain.com/>

# APÉNDICE

DATOS DEL ALUMINIO 6063,  
DEL POLIETILENO Y DEL  
ADHESIVO EPÓXICO



## DATOS DEL ALUMINIO 6063 TEMPLE T5

### CARACTERÍSTICAS:

§ Grado de designación:

No. UNS A96063

No. ISO R209

§ Composición química:

%Al = 98,5% – 99,2%

%Si = 0,20% – 0,60%

%Mg = 0,45% – 0,90%

%Mn = 0,10%

%Cu = 0,10%

§ Dureza:

**HB = 60 Brinell**

§ Propiedades físicas y mecánicas:

Resistencia de fluencia  $S_y = 145 \text{ MPa}$  (1476,45 Kg/cm<sup>2</sup>) ó 21 Kpsi

Resistencia última a la tensión  $S_{rup} = 185 \text{ Mpa}$  (1898,29 Kg/cm<sup>2</sup>) ó 27 Kpsi

Elongación %e = 12%

Resistencia a la fatiga:  $S_{fat} = 70 \text{ MPa}$  ó 10 Kpsi

Módulo de Elasticidad:  $E = 69 \text{ Gpa}$  ó  $10^6 \text{ psi}$

Densidad:  $D = 2708 \text{ Kg/m}^3$

## CONSIDERACIONES:

- § No existe influencia apreciable del tamaño de grano sobre las propiedades mecánicas, como para ser tomadas en cuenta con fines prácticos.
- § A medida que aumenta la temperatura se produce una evolución de la microestructura, de forma tal que las propiedades mecánicas no se ven afectadas por el % de deformación.
- § La dureza es la primera propiedad afectada por el proceso combinado de deformación y temperatura de deformación.
- § Ofrece una excelente resistencia general a la corrosión, puede ser expuesto a largo períodos de tiempo a temperatura ambiente.
- § Es difícil de agrietar o presentar hendiduras.
- § Es un material manejable, trabajable y se presta para la maquinabilidad. aunque es poco limpio.
- § Presenta unas buenas propiedades de soldabilidad, especialmente las soldaduras a gas, al arco y soldaduras por resistencia.

Nota: Todos los perfiles se venden con una longitud nominal de 6.10 metros, salvo algunas excepciones en las que se consigue en longitudes de 1 metro, como por ejemplo las barras cuadradas y otros.

El aluminio 6063, del cual la andadera estará compuesta cerca de un 90%, puede ser adquirido por cualquiera de las siguientes empresas del área metropolitana:

### § ALCANVEN C.A.

Dirección: Los Rosales, Av. El Paseo c/c Branger, Galpón #1.

Teléfonos: (0212) 632.69.73 , 633.06.34

### § ALUMINIOS BLANCO Y NEGRO C.A.

Dirección: Carretera Petare – Santa Lucía. Km 9 Filas de Mariche.

Teléfonos: (0212) 532.06.36 , 532.08.62

### § ALUMINIOS +XIMA C.A.

Dirección: Carretera Petare – Santa Lucía. Km 1.

Teléfonos: (0212) 242.12.93 , 291.27.08

§ DIALANCA.

Dirección: Carretera Panamericana, Km 14. Centro Industrial Las Minas, San Antonio de Los Altos – Edo. Miranda.

Teléfonos: (0212) 372.92.67 , 372.93.78

## DATOS DEL NYLON GRAFITADO

### CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son polímeros del etileno que se dividen en polietilenos de alta presión o baja densidad y polietilenos de baja presión o alta densidad, según las condiciones de polimerización. Presentan características notablemente diferentes entre sí.

El polietileno posee un aspecto similar a la cera, blanco y traslúcido, pero al ser grafitado se torna negro. No es muy sensible a la humedad y tiene una considerable inercia química.

Presenta un comportamiento termoplástico.

Este material se utilizó para la construcción de la bocina que deslizaba sobre los tubos verticales posteriores.

## DATOS DEL ADHESIVO

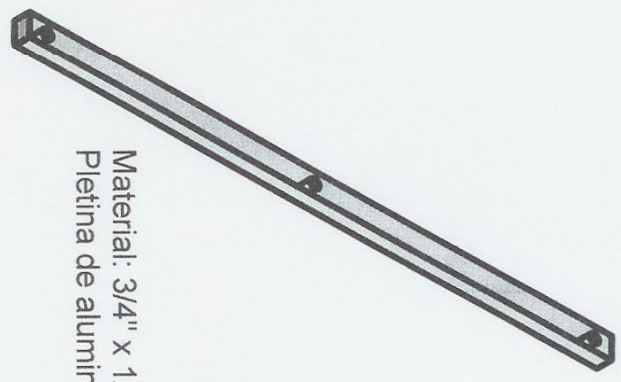
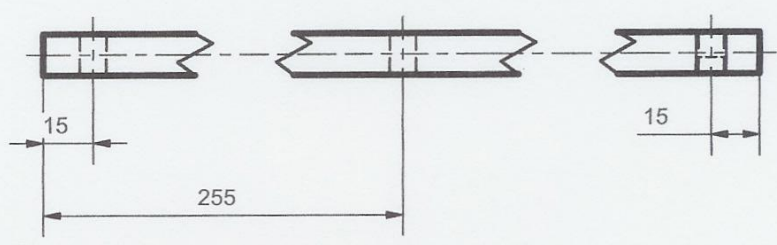
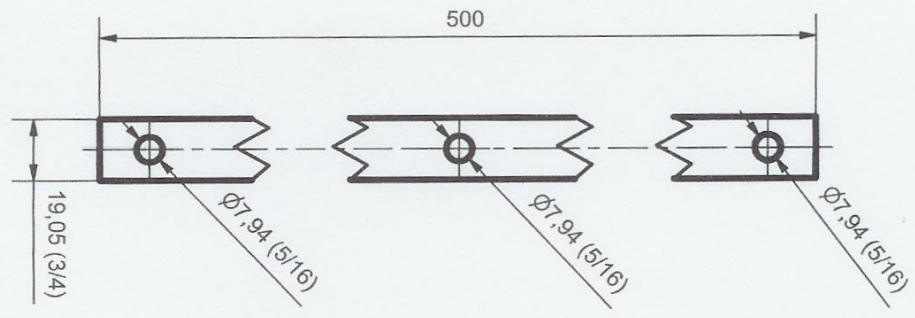
### CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Son adhesivos epóxicos que actúan cuando entran en contacto la resina epóxica y la resina poliamida. La primera es una resina líquida, soluble en alcohol, posee mucho carbono e hidrógeno y es la que actúa para adherir las superficies a pegar; la segunda es una resina plástica o sintética y forman parte de los carbazo – plásticos, es la encargada de endurecer el adhesivo en contacto con el aire.

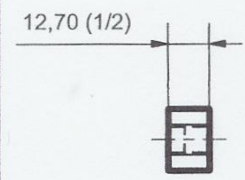
Este adhesivo se utilizó para pegar conjuntos de aluminio – aluminio y aluminio – acero.

# PLANOS

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Pletina tras.		



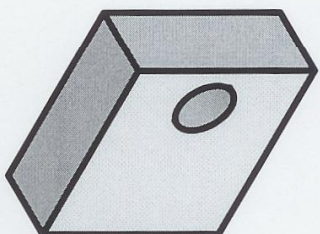
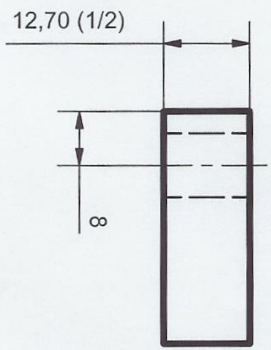
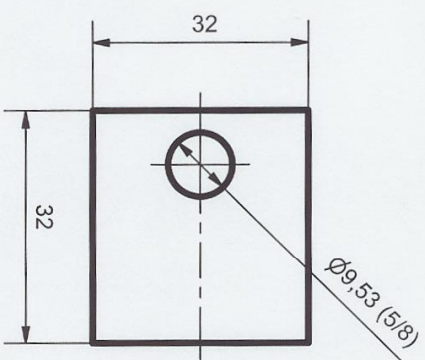
Material: 3/4" x 1/2",  
Pletina de aluminio 6063



Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:2	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			PLETINA TRASERA	
			AND00 - 1500	Edition 1 / 1



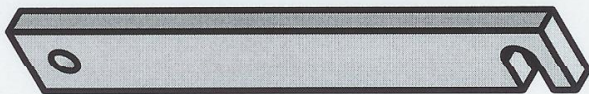
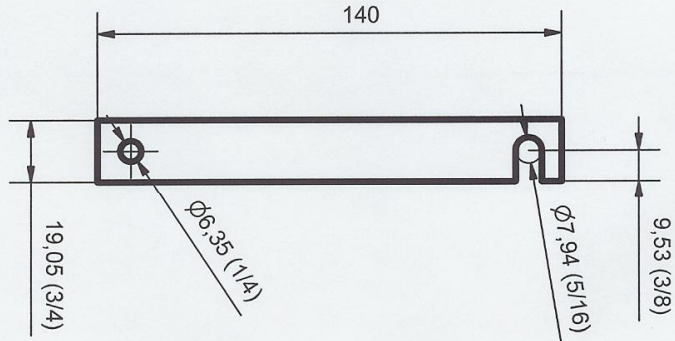
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Separador 2		



Material: 32mm x 32mm,  
Barra cuadrada de  
aluminio 6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON	08/03/2005	
CORPOREA U.C.V. CEBIO			SEPARADOR 2	
			AND00 - 1400	Edition
			1	Sheet
			1	1

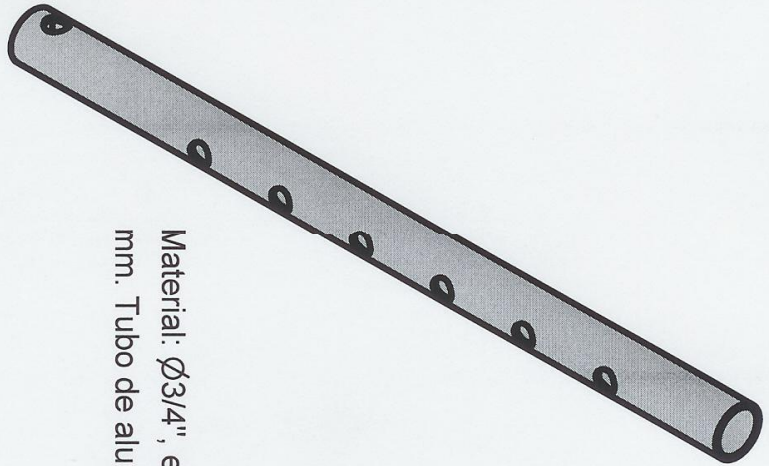
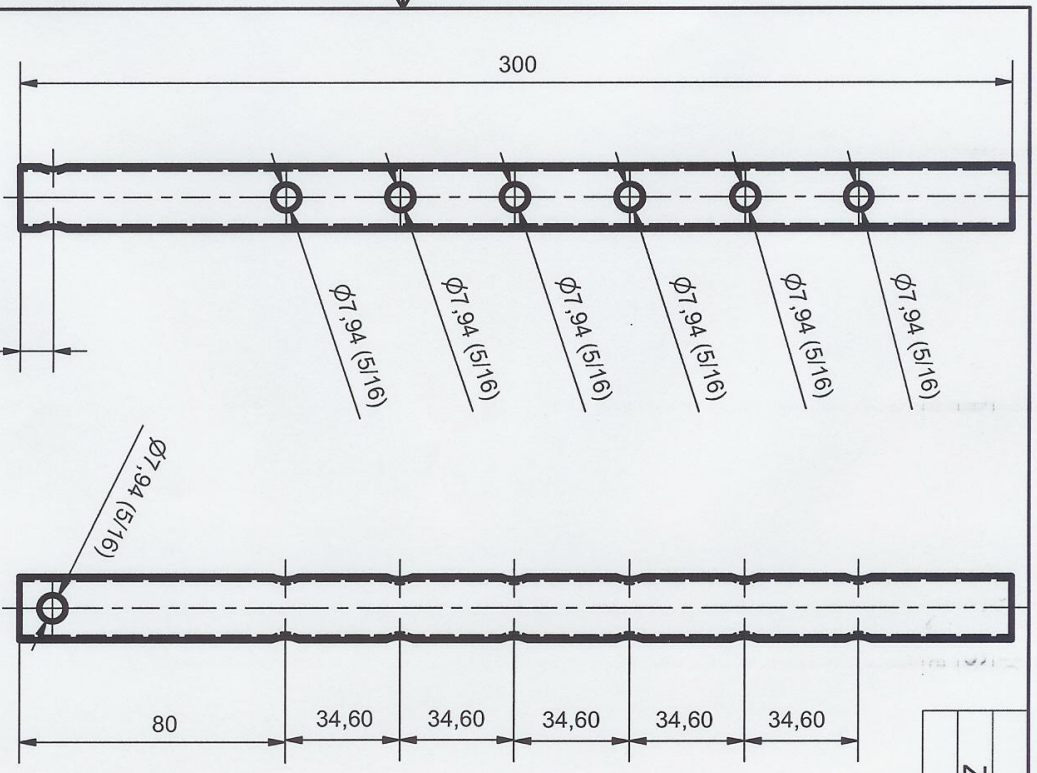
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Pletina vert.		



Material: 3/4" x 1/4",  
Pletina de aluminio  
6063

Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:2	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO		PLETINA VERTICAL		
AND00 - 1300		Edition	Sheet	
		1	1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Extension ant.		

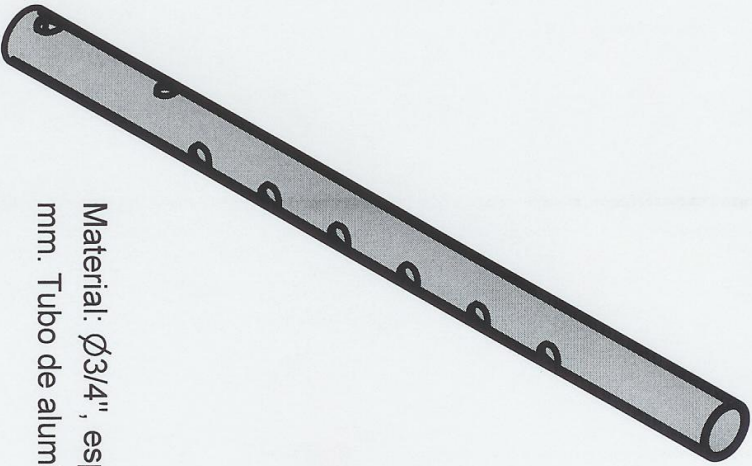
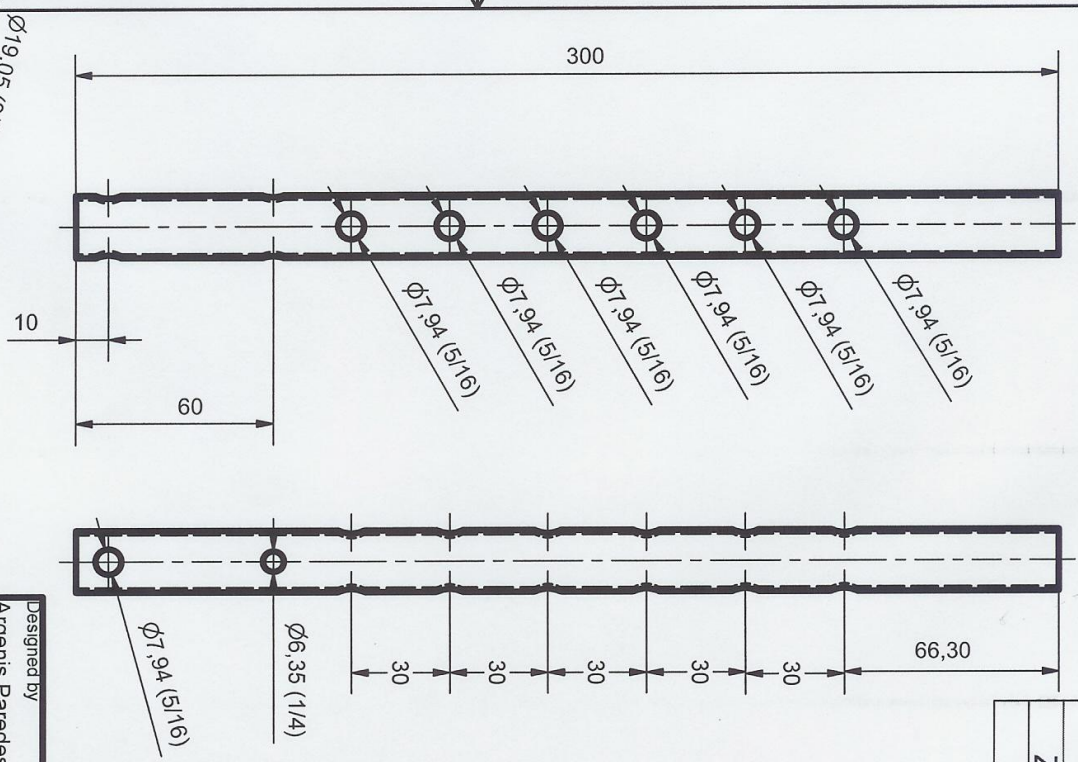


Material:  $\phi 3/4"$ , espesor 1,2 mm. Tubo de aluminio 6063

Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:2	Date 08/03/2005
<b>CORPOREA U.C.V.</b>		<b>EXTENSION ANTERIOR</b>		
<b>CEBIO</b>		AND00 - 1200	Edition	Sheet
			1 / 1	1 / 1



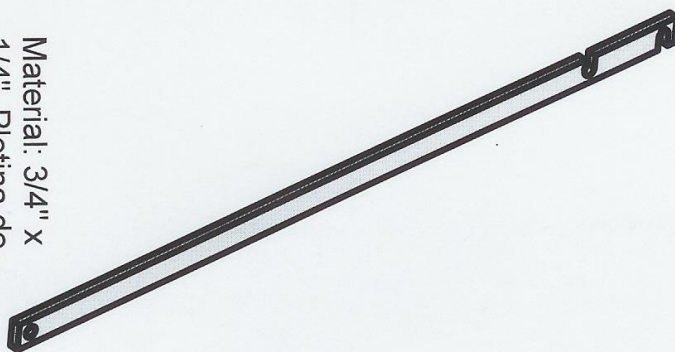
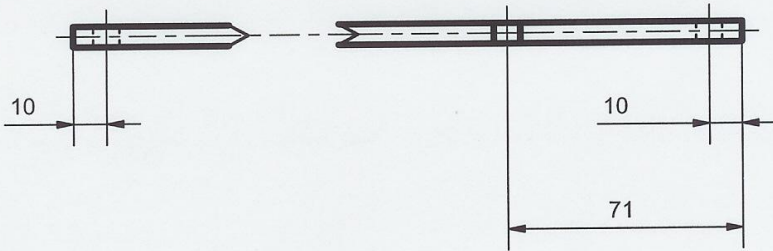
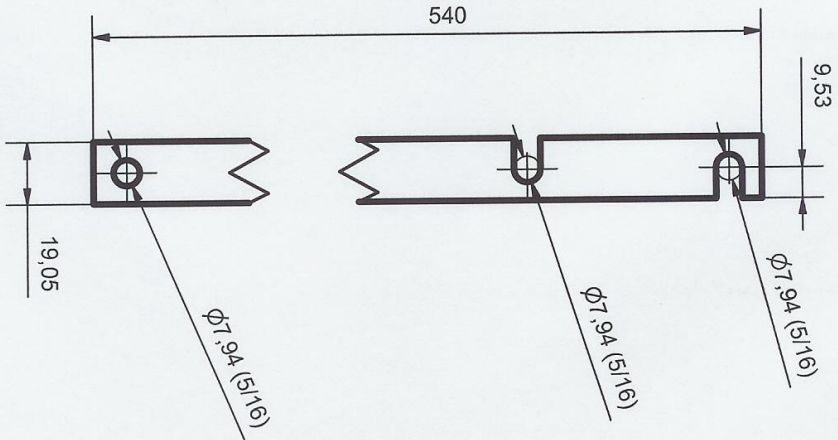
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Extension post.		



Material:  $\varnothing 3/4"$ , espesor 1,2 mm.  
 Tubo de aluminio 6063

Designed by	Argenis Paredes	Checked by	O. FALCON	Approved by - date	O. FALCON	Escala: 1:2	Date	08/03/2005
<b>CORPOREA U.C.V.</b>				<b>EXTENSION POSTERIOR</b>		AND00 - 1100		
<b>CEBIO</b>						Edition Sheet 1 / 1		

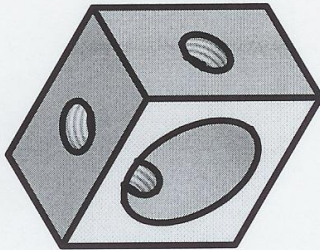
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Pletina inf.		



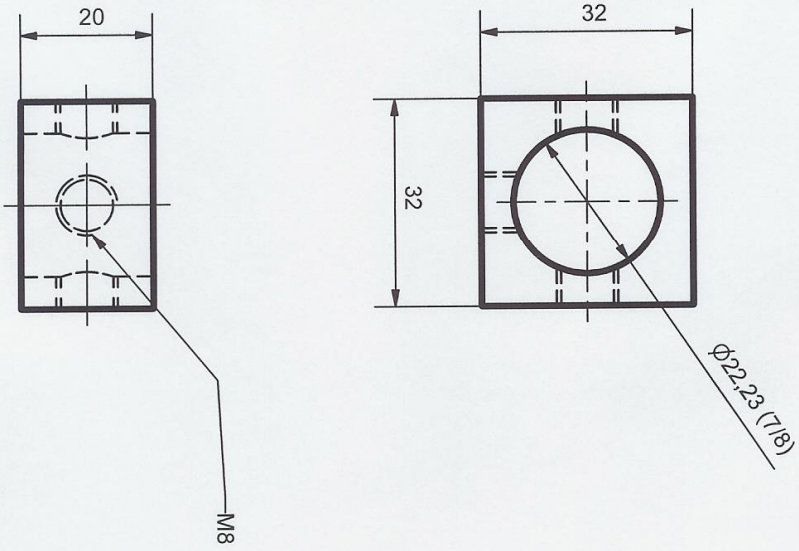
Material: 3/4" x  
1/4", Pletina de  
aluminio 6063

Designed by Argenis Parades	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:2	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			PLETINA INFERIOR	
			AND00 - 1000	Edition 1 / 1
			Sheet 1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vinculo inf. 1		

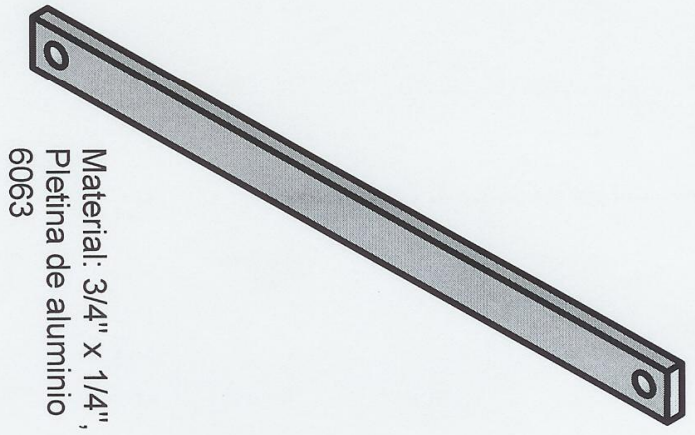
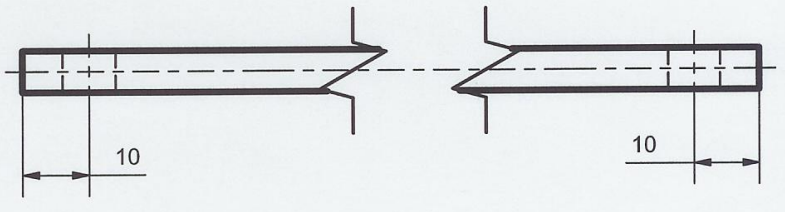
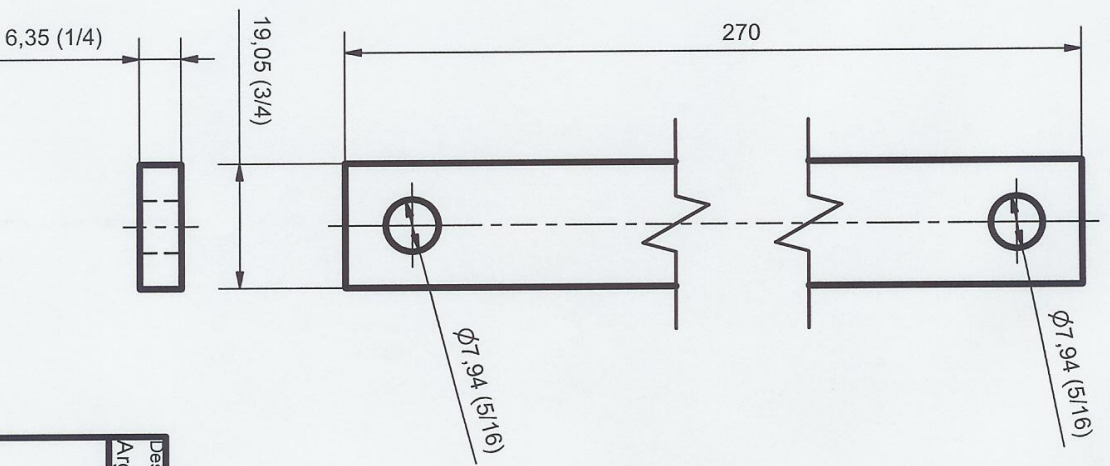


Material: 32mm x  
32mm, Barra cuadrada  
de aluminio 6063



Designed by Argenis paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO		VINCULO INFERIOR 1		
AND00 - 0900		Edition 1 / 1	Sheet 1 / 1	

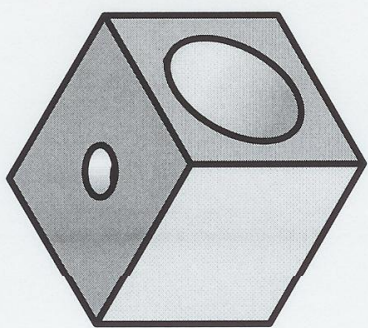
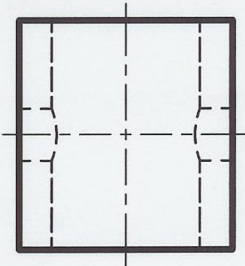
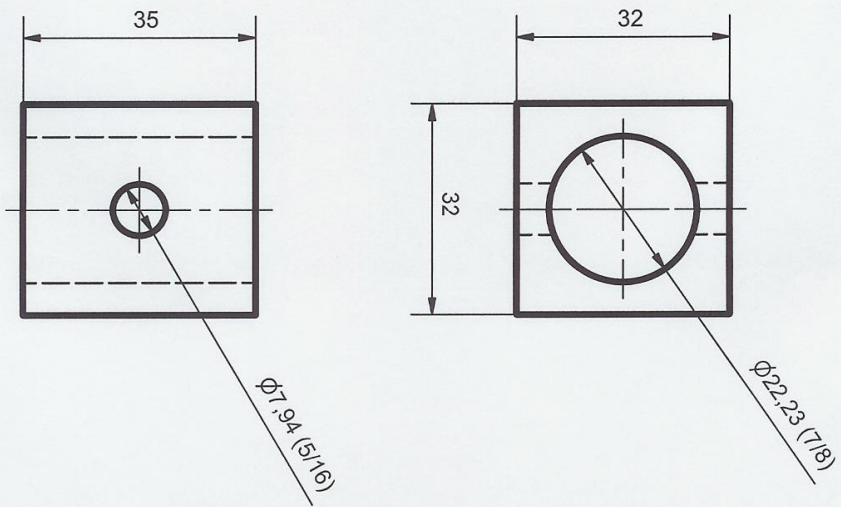
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Pletina media		



Material: 3/4" x 1/4",  
Pletina de aluminio  
6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON	08/03/2005	
CORPOREA U.C.V. CEBIO			PLETINA MEDIA	
AND00 - 0800			Edition	Sheet
			1	1 / 1

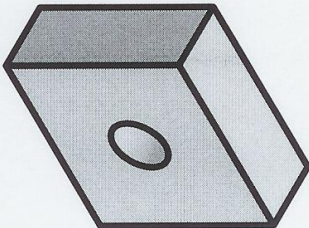
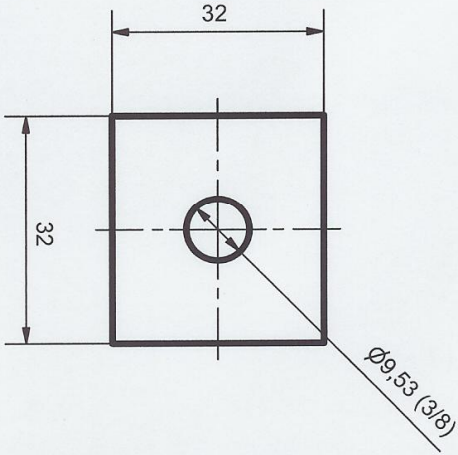
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vinculo med. 2		



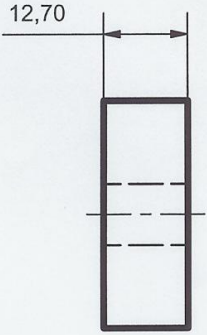
Material: 32mm x  
32mm, Barra  
cuadrada de  
aluminio 6063

Designed by Argenis paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO		VINCULO MEDIO 2		
AND00 - 0700		Edition 1 / 1	Sheet 1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Separador 1		



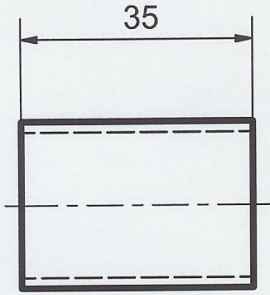
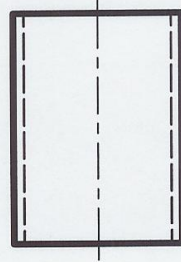
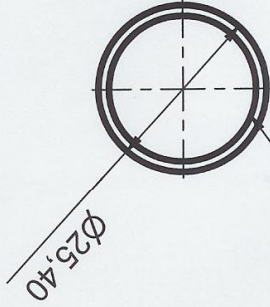
Material: 32mm x 32mm,  
Barra cuadrada de  
aluminio 6063



Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO		SEPARADOR 1		
AND00 - 0600		Edition 1	Sheet 1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Bocina		

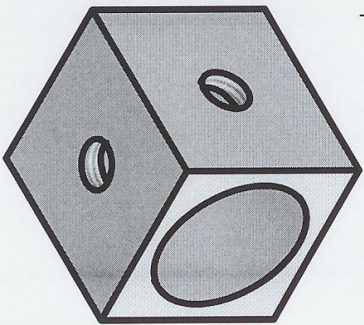
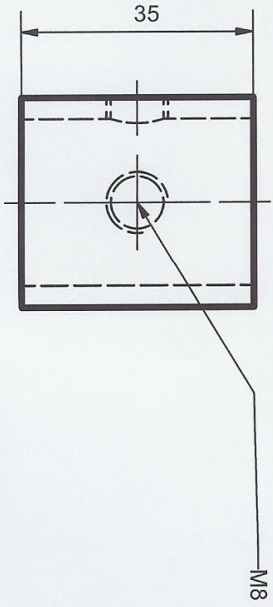
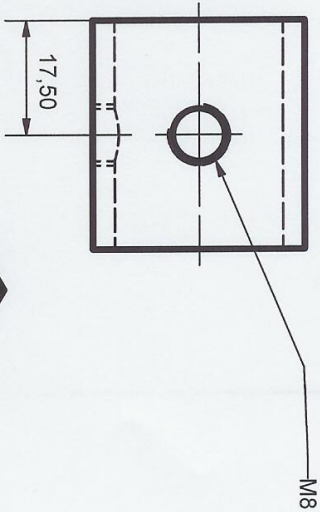
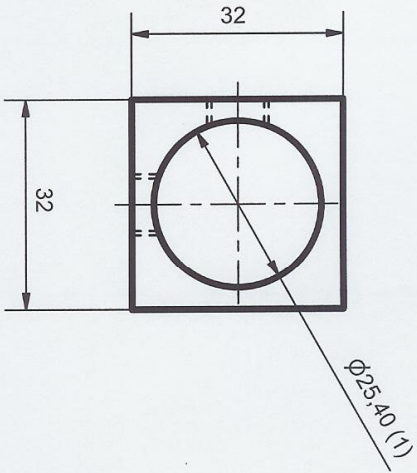
h7 22,231  
22,225



Material: Ø1",  
Nylon Grafitado

Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			BOCINA	
			Sheet 1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vinculo med. 1		



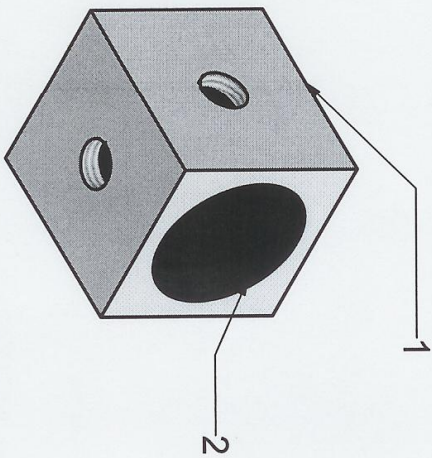
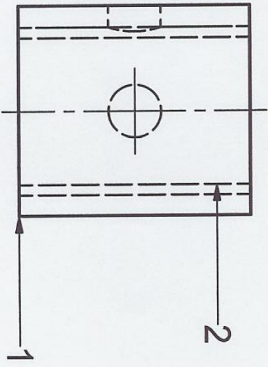
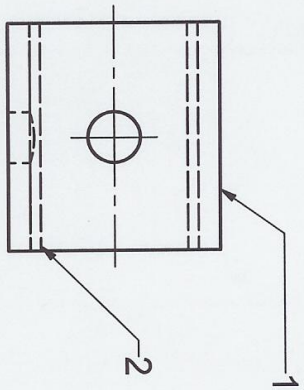
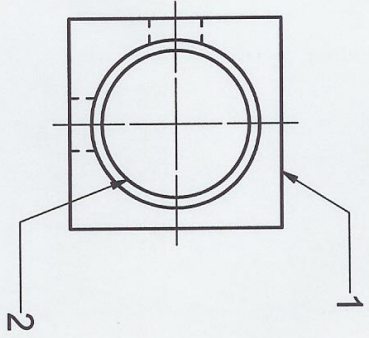
Material: 32mm x 32mm.  
Barra cuadrada de  
aluminio 6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005
CORPOREA U.C.V.		VINCULO MEDIO 1		
CEBIO		AND00 - 0501		
		Edition		Sheet
		1 / 1		1 / 1



**Nota:** las uniones son con tornillos hexagonales M8 x 13

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Deslizante		

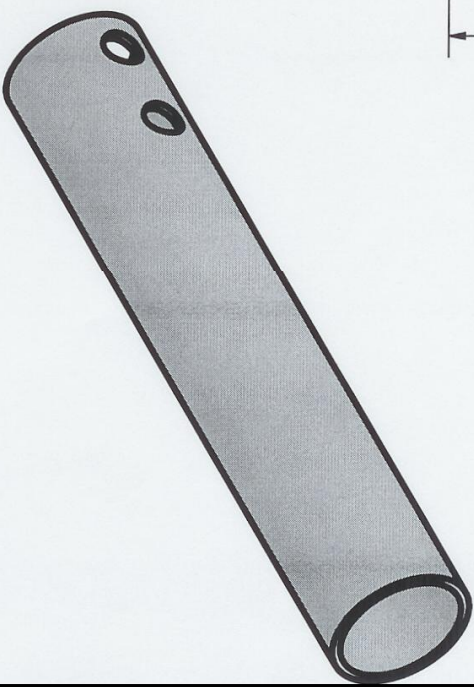
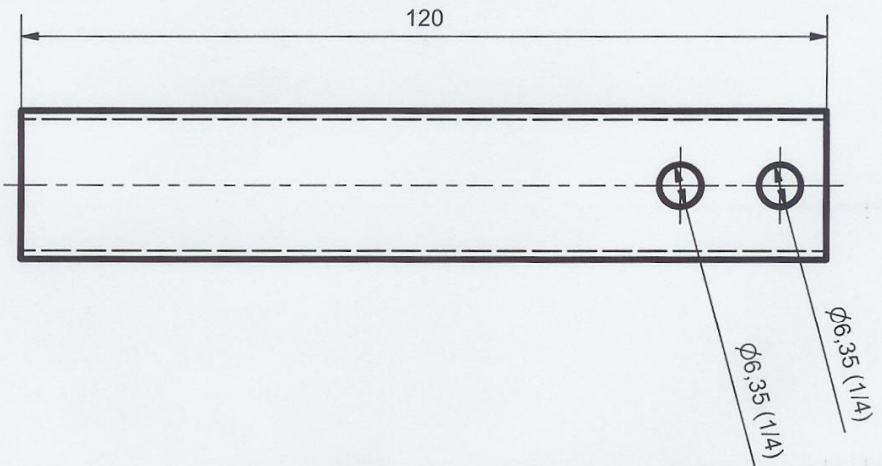


ITE	QTY	PART NUMB	DESCRIPTION
2	1	ANDD00 - 0502	Bocina
1	1	ANDD00 - 0501	Vinculo medio 1

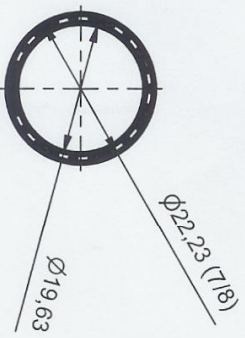
Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005

<b>CORPOREA U.C.V.</b>		<b>DESILZANTE</b>	
<b>CEBIO</b>		ANDD00 - 0500	Edition 1 / 1
		ANDD00 - 0500	Sheet 1 / 1

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVE
		Tubo asidero		

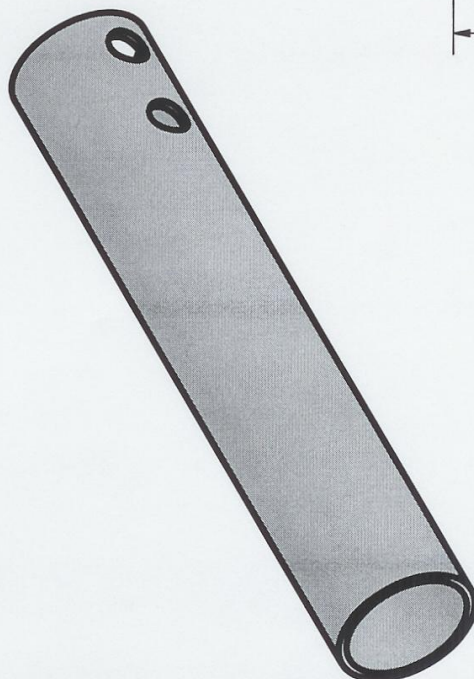
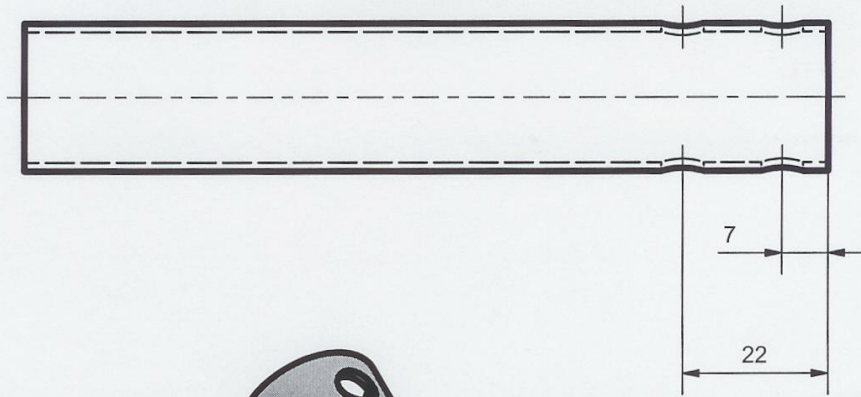
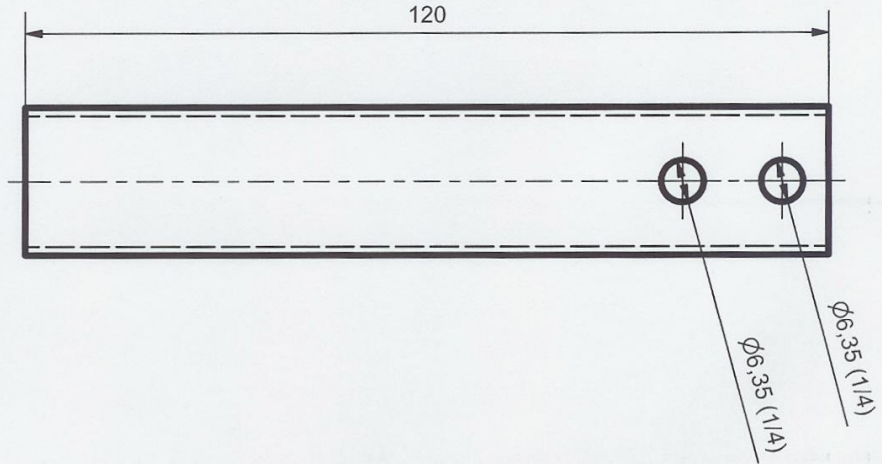


Material:  $\text{Ø}7/8"$ , espesor 1,2 mm. Tubo de aluminio 6063

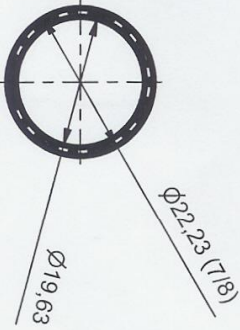


Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			TUBO ASIDERO	
AND00 - 0302			Edition	Sheet
			1	1

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVE
		Tubo asidero		

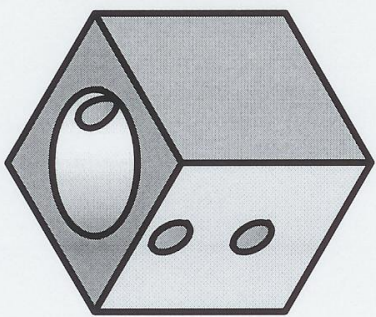
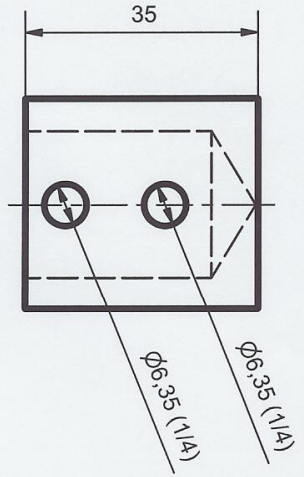
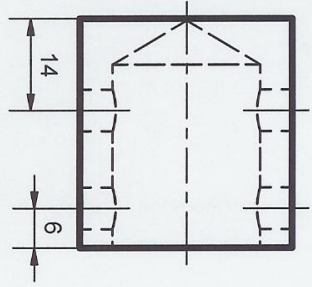
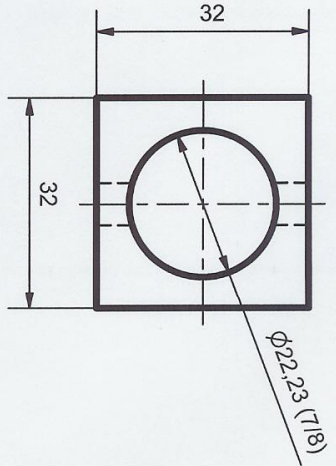


Material:  $\text{Ø}7/8$ ", espesor 1,2 mm. Tubo de aluminio 6063



Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			TUBO ASIDERO	
			AND00 - 0302	1 / 1

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vínculo sup. 3		

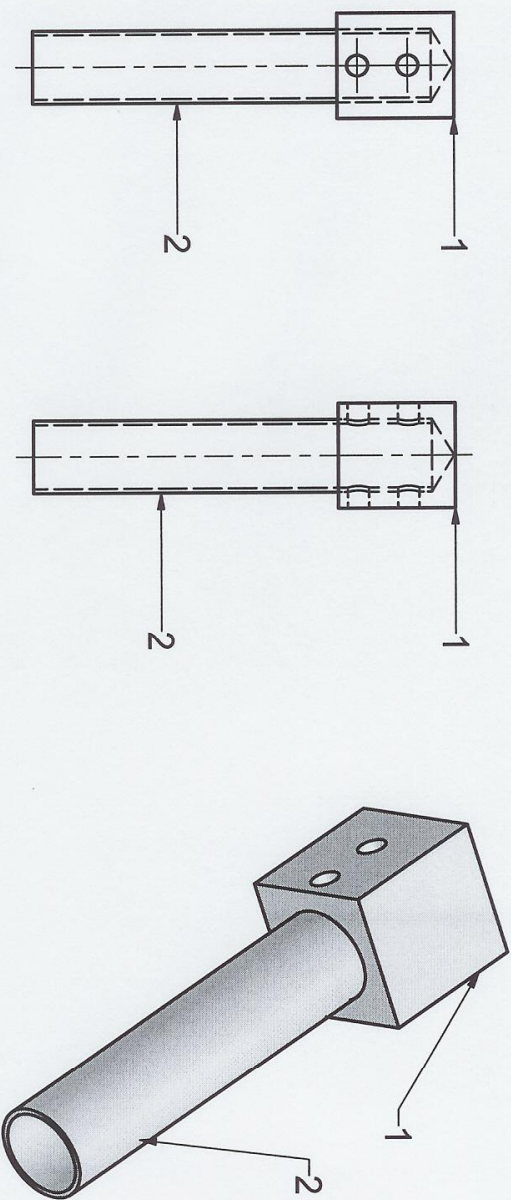


Material: 32mm x  
32mm, Barra cuadrada  
de aluminio 6063

Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escala: 1:1	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO		VINCULO SUPERIOR 3		
AND00 - 0301		Edition 1 / 1	Sheet 1 / 1	

**Nota:** las uniones son con tornillos hexagonales M8 x 80

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Asidero		



ITE	QT	PART NUMBE	DESCRIPTION
2	1	AND00 - 0302	Tubo asidero
1	1	AND00 - 0301	Vinculo superior 3

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:2	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005

**CORPOREA U.C.V.**  
**CEBIO**

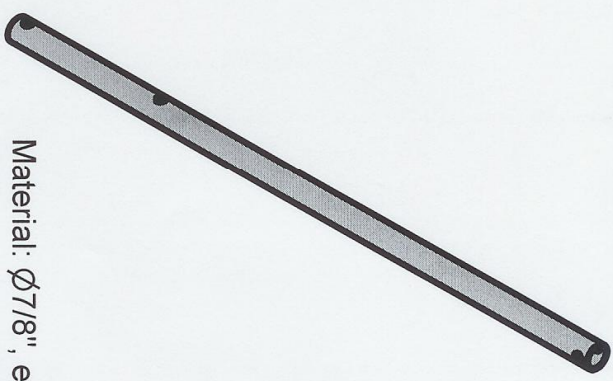
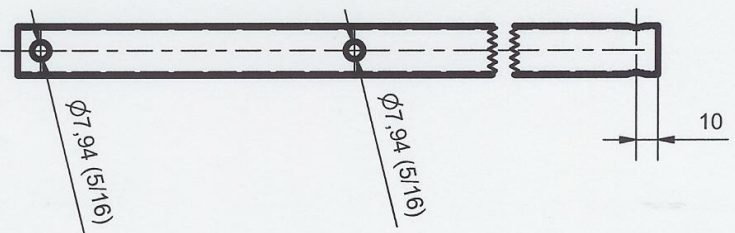
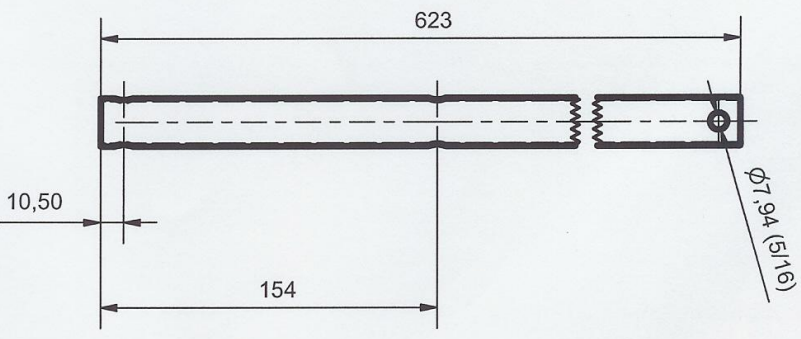
**ASIDERO**

AND00 - 0300

Edition  
1 / 1

Sheet  
1 / 1

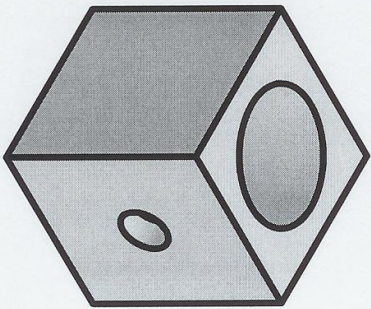
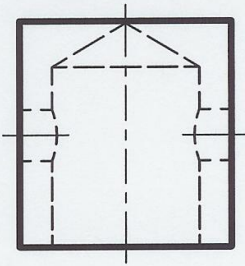
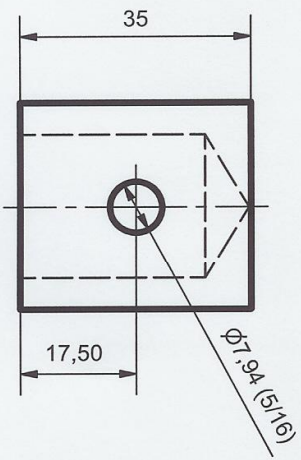
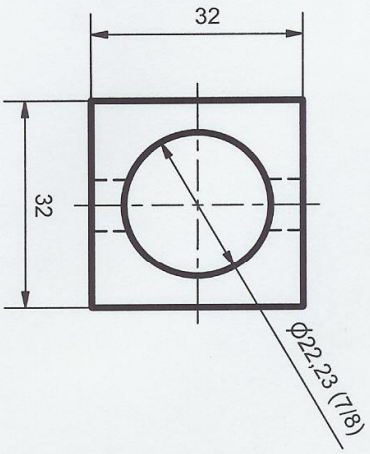
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Tubo ant.		



Material:  $\phi 7/8"$ , espesor  
 1,2 mm. Tubo de aluminio  
 6063

Designed by Argenis Paredes	Checked by O. FALCON	Approved by - date O. FALCON	Escalar: 1:3	Date 08/03/2005
CORPOREA U.C.V. CEBIO			TUBO ANTERIOR	
			AND00 - 0202	Edition 1 / 1

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vinculo sup. 2		

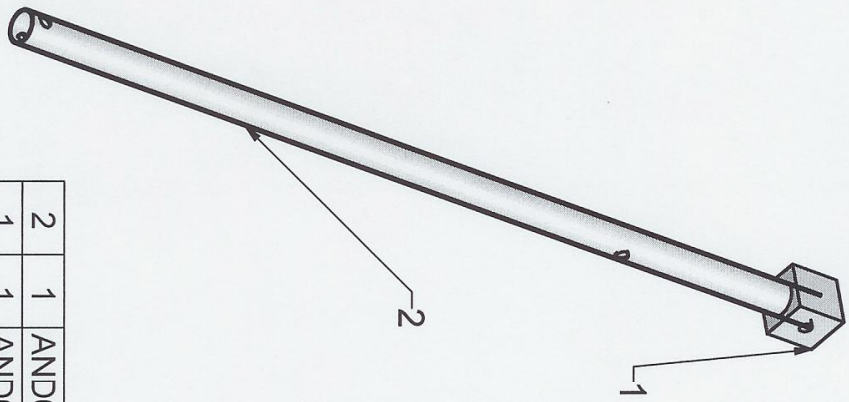
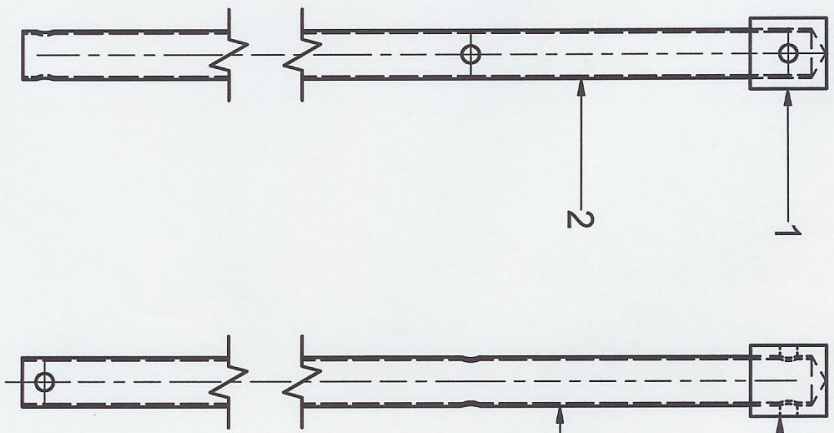


Material: 32mm x 32mm,  
Barra cuadrada de  
aluminio 6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005
<b>CORPOREA U.C.V.</b>		<b>VINCULO SUPERIOR 2</b>		
<b>CEBIO</b>		AND00 - 0201		Edition
				Sheet
				1 / 1

**Nota:** las uniones son con tornillos hexagonales M8 x 80

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Apoyo ant.		

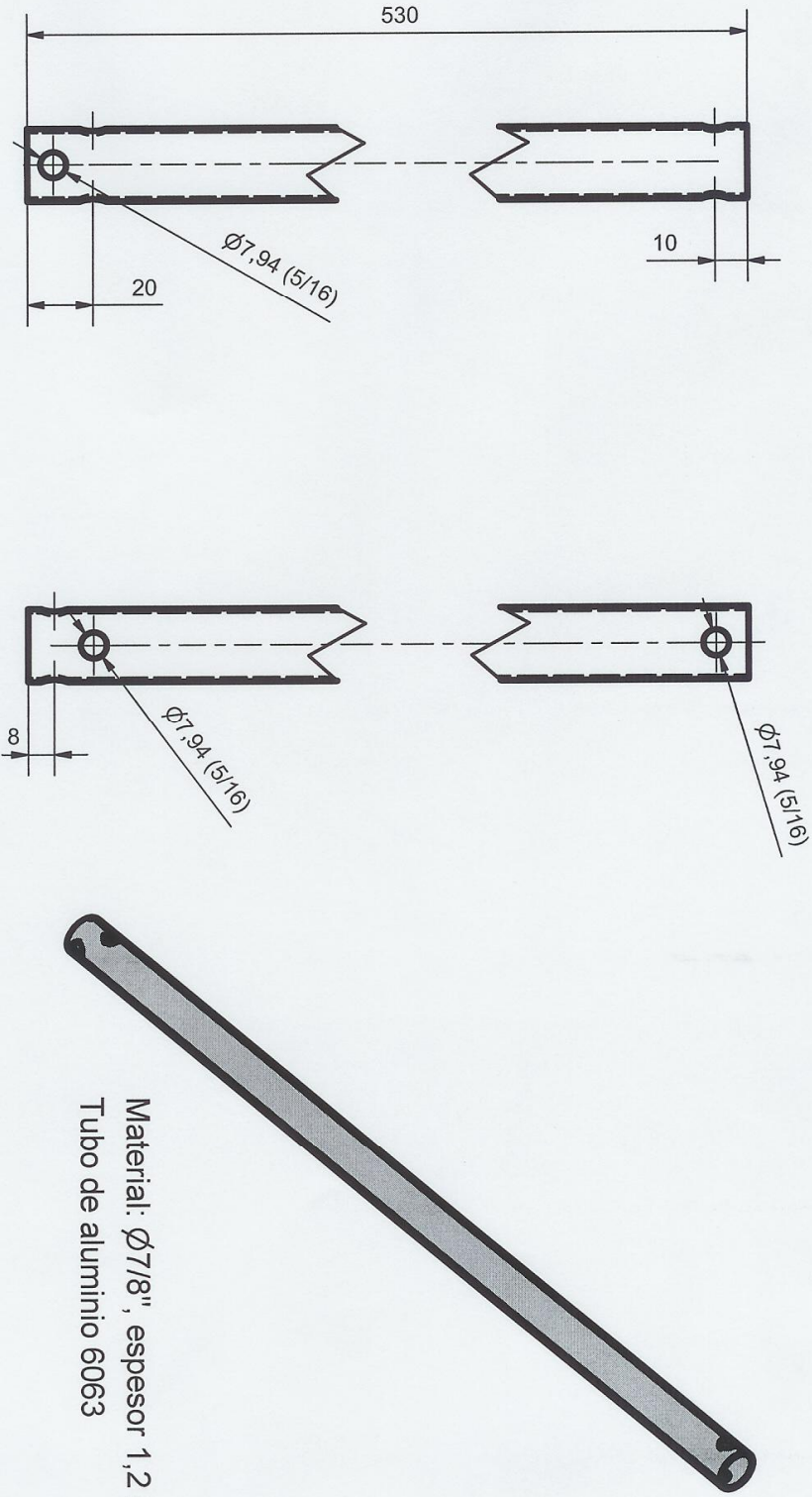


ITE	QT	PART NUMB	DESCRIPTION
2	1	AND00 - 0202	Tubo anterior
1	1	AND00 - 0201	Vinculo superior 2

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:3	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005
<b>CORPOREA U.C.V.</b>			<b>APOYO ANTERIOR</b>	
<b>CEBIO</b>			AND00 - 0200	Edition
				Sheet
				1 / 1



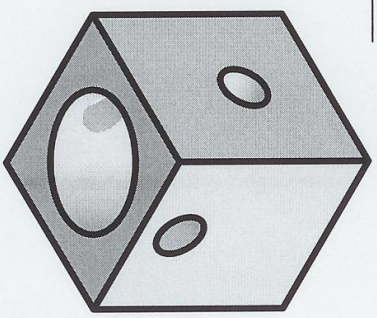
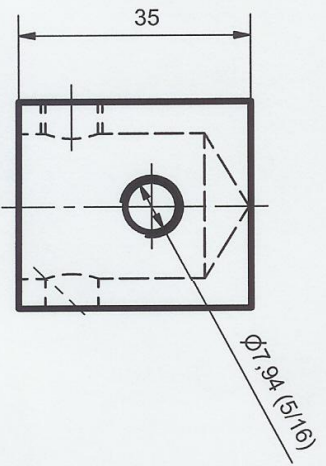
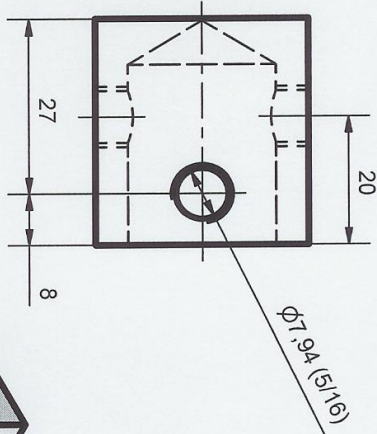
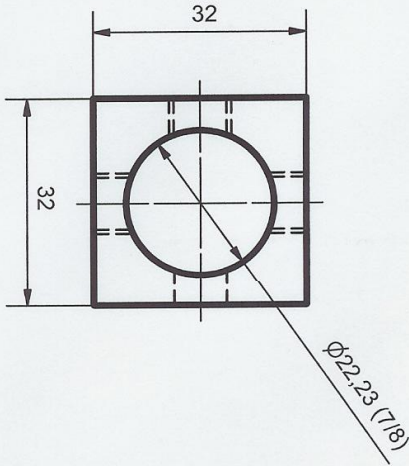
REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Tubo post.		



Material:  $\phi 7/8"$ , espesor 1,2 mm  
 Tubo de aluminio 6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:2	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON	08/03/2005	
CORPOREA U.C.V.		TUBO POSTERIOR		
CEBIO		AND00 - 0102		
		Edition	Sheet	
		1	1 / 1	

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Vinculo sup. 1		Administrador

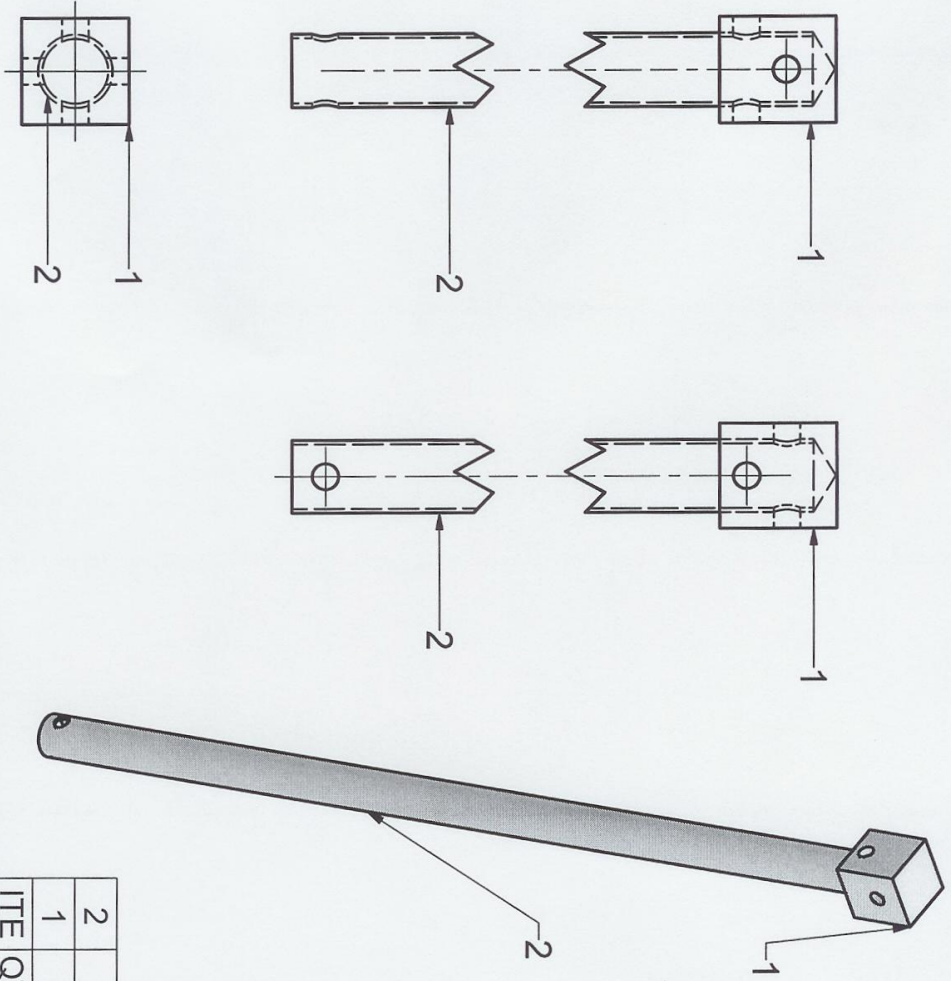


Material: 32mm x 32mm,  
Barra Cuadrada de  
aluminio 6063

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:1	Date
Argenis paredes	O. FALCON	O. FALCON		08/03/2005
CORPOREA U.C.V.			VINCULO SUPERIOR 1	
CEBIO			AND00 - 0101	Edition 1 / 1
				Sheet 1 / 1

**Nota:** las uniones son con tornillos hexagonales M8 x 80

REVISION HISTORY				
ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED
		Apoyo pos:		



ITE	QTY	PART NUMB	DESCRIPTION
2	1	AND00 - 0102	Tubo posterior
1	1	AND00 - 0101	Vinculo superior

Designed by	Checked by	Approved by - date	Escala: 1:2	Date
Argenis Paredes	O. FALCON	O. FALCON	08/03/2005	

CORPOREA U.C.V.		APOYO POSTERIOR	
CEBIO		AND00 - 0100	Edition B
			Sheet 1 / 1