



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

Licenciatura en:

**DISEÑO INDUSTRIAL**

**Mercurio Férula para Rehabilitación de Fracturas de Tibia-Peroné**

Proyecto de Tesis que para obtener el Título de Licenciado en Diseño Industrial

Presenta:

Del Río Martínez Oscar Isaías

Abril de 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



## **Agradecimientos**

### **A la Universidad Nacional Autónoma de México**

- A todos los profesores que me enseñaron a ver el mundo desde otro punto de vista.

- En primer lugar a los que forman parte de mi sínodo:

Mi director de tesis:

- D.I. Manuel Borja Vázquez

- D.I. Ricardo Alberto Obregón Sánchez.

- D.I. Filiberto Bernal Reyes

- D.I. Miguel Ángel Rodríguez Arroyo

Al profesor que me enseñó que todo es posible

- Arq. José Luis Romero Vallejo

### **A el Instituto Nacional de Rehabilitación**

- Al laboratorio de órtesis y prótesis en general

Agradecimiento especial a los que considere mis maestros

- Téc. Tinoco Mondragón Pedro, gracias por su paciencia maestro

- Téc. Briones Sánchez José Eduardo

- Téc. Pacheco Mora Braulio

- Téc. Ceceña Tarango Salvador

- Téc. Rodríguez Rodríguez Luiggi Davies

Y a los especialistas en calzado

- Téc. Martínez Estrada Víctor Manuel

- Téc. Ortega Fuentes Miguel

### **A mi familia en general**

- A mi madre María Guadalupe Martínez Alonzo

- A José Ramón Cornejo Morales y familia, por todo su apoyo

- A Daniel Hidalgo Zamora

- A Valeria Lezama Vejar

- A Rubí Camacho Álvarez

- Y a toda la gente que no me apoyo pero si me supo presionar

- Y finalmente a todos los demás que por falta de espacio o memoria, no puse sus nombres, mi más sincero agradecimiento.



# Índice

<b>Introducción</b>	<b>III</b>
<b>Capítulo 1 ...De huesos rotos y otras cosas</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Funcionamiento y anatomía del cuerpo humano</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Movimiento</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1 Mecánica de la locomoción</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Fracturas</b>	<b>11</b>
<b>1.3.1 Fractura Tibia – Peroné</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Sistemática de tratamiento</b>	<b>14</b>
<b>1.5 Órtesis</b>	<b>15</b>
<b>1.5.1 Clases de férulas por su funcionamiento y material de fabricación</b>	<b>16</b>
<b>1.5.2 Análisis de férulas y sus características</b>	<b>21</b>
<b>1.5.3 Instituciones médicas en México</b>	<b>23</b>
<b>1.6 Semblanza del Instituto Nacional de Rehabilitación</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 2 ...Un mundo de alternativas</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Argumentación del proyecto</b>	<b>36</b>
<b>2.2 Planteamiento del problema</b>	<b>36</b>
<b>2.3 Antropometría</b>	<b>37</b>
<b>2.4 Estadística del estudio antropométrico</b>	<b>39</b>
<b>2.5 Objetivo general</b>	<b>41</b>



2.5.1	Objetivos particulares	41
2.6	Requerimientos	41
<b>Capítulo 3 ...Qué hacer? ¿...Y, Cómo?</b>		<b>43</b>
3.1	<b>Mercurio</b>	44
3.2	Descripción del proyecto	44
3.3	Análisis de materiales y piezas	46
3.4	Proceso de fabricación de la férula Mercurio	53
3.5	Análisis estético	59
3.6	Análisis funcional	62
3.7	Preparación antes de la colocación	63
3.8	Instructivo gráfico para la colocación	64
3.9	Mantenimiento de la férula Mercurio	65
3.10	Costos	67
3.11	Mercado y patente	67
3.12	Planos técnicos de <b>Mercurio</b>	71
<b>Conclusiones generales</b>		<b>87</b>
<b>Los etcéteras</b>		<b>89</b>
<b>Fuentes Bibliográficas</b>		<b>90</b>
<b>Bibliografía y páginas de internet consultadas</b>		<b>90</b>



<b>Índice de imágenes</b>	<b>90</b>
<b>Glosario de términos</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 1 Estudio de toma de medidas</b>	<b>95</b>
<b>Datos del estudio antropométrico</b>	<b>96</b>
<b>Resultados</b>	<b>97</b>
<b>Anexo 2 Resistencia de materiales del Mercurio</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 3 Tablas comerciales de materiales</b>	<b>101</b>
<b>Polipropileno</b>	<b>101</b>
<b>Polietileno de alta densidad HDPE o PEAD</b>	<b>104</b>
<b>Pelite liso – poliuretano espumado</b>	<b>106</b>
<b>Adhesivo 3080</b>	<b>107</b>
<b>Aluminio</b>	<b>108</b>



## Introducción

A lo largo de la vida las personas estamos expuestas a sufrir múltiples accidentes, los que además de desgastar el presupuesto del hogar, pueden llegar a tener consecuencias físicas y secuelas muy dolorosas.

Uno de los padecimientos más difíciles de rehabilitar son las fracturas, que debido a las implicaciones subyacentes que conllevan tienen consecuencias no solo físicas, sino también económicas, que impactan en la funcionalidad en contextos como la misma familia, las empresas donde trabaja la persona que lo padece, disminuyendo el desempeño laboral de sus familiares, así como el mismo presupuesto del gobierno; por tanto, desde el diseño industrial nos dedicamos a observar a la ortopedia como un fértil campo de aplicación, ya que la gran mayoría de los aparatos que son prescritos para los pacientes que tuvieron algún accidente, son de alto costo ya que son diseñados y fabricados de forma personalizada para cada paciente aunado a que dentro del mercado se pueden encontrar aparatos de rehabilitación importados y diseñados para otro tipo de somatotipos extranjeros, teniendo como consecuencia que no se adaptan a las medidas antropométricas del mexicano, por esta razón se requiere diseñar objetos bajo criterios que el diseño industrial contempla, como son: manejo de materiales y medios de producción adecuados, ergonomía, costos acordes a la realidad del usuario, entre otros.

Después de tener conocimiento del funcionamiento, tanto físico como morfológico, y la fabricación de estos aparatos ortopédicos,

observar tanto de las deficiencias que tienen, como de las mejoras que podrían llevarse a cabo tanto en su producción como en su uso.

De acuerdo a metodología que se maneja la tesis de maestría de la Diseñadora Industrial Cecilia Margarita Flores Sánchez sobre los “Métodos y técnicas para la investigación y optimización”, podemos realizarla de una manera mucho más ágil, comenzando por los distintos factores que se fueron desarrollando durante la investigación para obtener los resultados esperados y, al mismo tiempo ir teniendo una compilación bien organizada y específica de la misma y que a continuación enlisto:

### Factores Humanos

- Factor Anatomofisiológico
- Factor Antropométrico
- Factor Psicológico
- Factor Sociocultural

### Factores Ambientales

- Factores ambientales
- Factores Objetuales

Al haber tenido una materia en nuestra carrera, como la ergonomía, pude darme cuenta de qué tan atrasada está la ortopedia en cuanto a la estandarización de aparatos para la rehabilitación, haciendo que ésta se torne en un prolongado lapso de tiempo y con muchas incomodidades para el paciente, además de la poca



versatilidad que tienen los mismos y el elevado costo y trámites que implica su compra o adquisición en alguna dependencia gubernamental.

Por lo tanto, en el Capítulo 1 se describe de manera conceptual el cómo se expresa una fractura en términos clínicos, ortopédicos y por supuesto, desde la visión de aplicación del diseño industrial; explico de forma esquemática los datos relevantes alrededor del sufrimiento de una fractura, como lo son, las condiciones de bipedestación, antropometría de los sujetos, los alcances de las férulas ya existentes para el tratamiento de fracturas y las implicaciones socioculturales de las mismas y asimismo, me dedico a desarrollar la labor que se realiza propiamente en entorno de las dependencias de gobierno del territorio mexicano para la atención y tratamiento de fracturas, donde lo más representativo es el proceso de diseño y elaboración de una férula.

En el Capítulo 2, como aspecto nodal de mi tesis expongo de manera frontal la argumentación que sustenta mi proyecto, así como el planteamiento de problema, mis objetivos terminales y por supuesto, los requerimientos específicos para mi propuesta.

Para este punto, en el Capítulo 3, me dedico a presentar de manera ampliamente desarrollada mi propuesta de diseño y fabricación de una férula para el tratamiento de fracturas, Mercurio, con una propuesta más dinámica, versátil y factible de producirse en los talleres del Instituto Nacional de Rehabilitación, así como la

propuesta de un mecanismo de distribución a partir de las instituciones de seguridad pública.

Finalmente, presento en el apartado de Conclusiones, las reflexiones de cierre en las que ha devenido en el presente proyecto de tesis, bajo una propuesta bien definida en cuanto a diseño y donación dirigida al Instituto Nacional de Rehabilitación, mediante el sistema de patente y distribución gratuita a partir del registro de autoría que ofrece la organización Copyleft.



- 1.1 Funcionamiento y anatomía del cuerpo humano
- 1.2 Movimiento
  - 1.2.1 Mecánica del movimiento
- 1.3 Fracturas
  - 1.3.1 Fractura Tibia – Peroné
- 1.4 Sistemática del tratamiento
- 1.5 Órtesis
  - 1.5.1 Clases de férulas por su funcionamiento y material de fabricación
  - 1.5.2 Análisis de férulas y sus características
  - 1.5.3 Instituciones médicas en México



# Capítulo 1 ...De huesos rotos y otras cosas



## 1.1 Funcionamiento y anatomía del cuerpo humano

*“El cuerpo humano es una obra maestra de elementos perfectamente coordinados, capaz de llevar a cabo actividades tan diversas como trabajos pesados y delicadas manipulaciones, o experimentar intensas emociones y efectuar razonamientos profundos”.*

*“Nuestro cuerpo consta de cerca de 60 billones de células, que forman distintos tipos de tejidos. Los tejidos, a su vez, se combinan para constituir complicados sistemas orgánicos. La capacidad que posee el cuerpo humano de observar a su alrededor, pensar, recordar, moverse o experimentar placer o dolor, puede definirse como el resultado de determinadas reacciones químicas. Para que el cerebro se ponga en funcionamiento para dar una respuesta, necesita de cierto número mínimo de estímulos sensoriales provenientes de su entorno”<sup>1</sup>.*

Tener los conocimientos básicos sobre el funcionamiento del cuerpo humano, es importante, para entonces poder entender el binomio hombre-máquina, por lo mismo es importante tener en cuenta todos y cada uno de los sistemas que lo integran, pues el ser humano se constituye como un organismo estructuralmente sistemático que permite explorar un sinfín de capacidades a partir de entendimiento de dicho binomio.

*“La anatomía humana estudia la conformación y la estructura del cuerpo humano”.*

La estructura del organismo supone una agrupación de cada uno de los órganos vitales en diversos *sistemas*. Dentro de dichos sistemas que componen al cuerpo humano, se encuentra el sistema nervioso, sistema muscular, sistema óseo, sistema respiratorio, sistema digestivo, sistema circulatorio, etc.

Para motivo del tema central de esta tesis, a continuación se describirán grosso modo los sistemas integrantes del organismo humano.

---

<sup>1</sup> Para mayor referencia sobre el tema, consultar: Diccionario Enciclopédico Gran Biblioteca Océano (2003); Anatomía; Barcelona: España; Tomo 9; pág. 2452.



El *Sistema Nervioso*, se constituye como el rector de todo el organismo, pues de él, se derivan las órdenes para echar a andar a toda su potencia cada uno de los restantes sistemas orgánicos. Éste se caracteriza por percibir “los cambios que hay en el interior y en el exterior del organismo a través de receptores especiales<sup>2</sup>”; asimismo, se especializa en procesos sinápticos<sup>3</sup> entre las células, llamadas neuronas; que permiten la transmisión de impulsos eléctricos hacia todos los nodos nerviosos que constituyen el cuerpo y ejecutan las funciones en todo el organismo.

El sistema nervioso está compuesto principalmente por el cerebro, el cerebelo y el tallo cerebral (Ver imagen A.1). El primero, es considerado como el “*órgano más voluminoso del encéfalo y se encuentra en la parte anterior y superior del cráneo, arriba del tallo cerebral y arriba y adelante del cerebelo; tiene forma ovoidea y su superficie presenta salientes llamadas giros o circunvoluciones y surcos, algunos de los cuales son más profundos y reciben el nombre de fisuras (cisuras)*”.

*“El cerebelo se encuentra ubicado en la parte posterior e inferior del cráneo, abajo del cerebro y atrás del tallo cerebral. Tiene una forma ovoidea y suele compararse con la forma de una mariposa con las alas voluminosas y extendidas, la parte media o vermis semeja a la de un gusano y a ambos lados están los hemisferios cerebelosos. El cerebelo tiene como funciones mantener el equilibrio, la postura, el tono muscular y ayuda a la coordinación de los movimientos finos”.*

Del tallo cerebral, que justo comienza en la base anterior del cerebelo, se *originan* los nervios craneales y “*salen o entran a través de los orificios del cráneo, distribuyéndose por pares sensitivos, motores o mixtos (contienen fibras sensitivas y motoras)*”<sup>4</sup>.

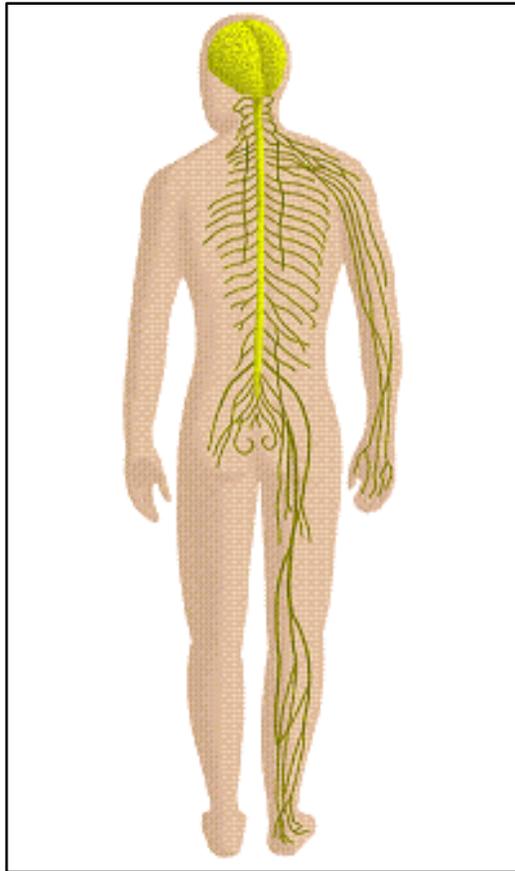
---

<sup>2</sup> Higashida, Bertha (1999); *Sistema Nervioso* en Ciencias de la Salud; México: McGraw Hill; pág. 117.

<sup>3</sup> Los procesos sinápticos entre las neuronas se caracterizan por crear un puente de prolongación entre cada botón terminal de una neurona al producir unas sustancias químicas conocidas como neurotransmisores, los que a su vez conducen las señales eléctricas hacia todo el encéfalo y por tanto, hacia todas las ramificaciones nerviosas del cuerpo.

---

<sup>4</sup> *Ibíd*em, pág. 132.



A.1  
Esquema del Sistema Nervioso



Por su parte, el Sistema Óseo, es aquel responsable de darle sostén y estructura al organismo, pues es el que se encuentra constituido por los 206 huesos que en suma forma el esqueleto humano. Un hueso *“puede ser de dos tipos: compacto o esponjoso; está cubierto por una membrana, el periostio (exceptuando los extremos que están cubiertos por cartílago) y algunos (los huesos largos) tienen otra membrana llamada endostio; tienen muchos vasos sanguíneos y contienen también vasos linfáticos y nervios”*.

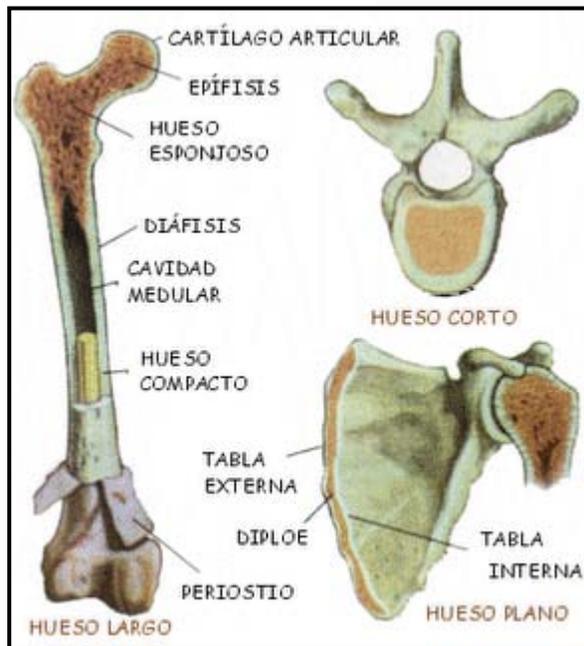
*“Según la forma, los huesos se clasifican en largos, planos y cortos (Ver imagen A.2). Los huesos largos se caracterizan porque en ellos predomina su eje longitudinal, es decir, son más largos que anchos; por ejemplo, el fémur, el húmero, la tibia, la fibula o peroné, el radio, el ulna o cubito, etc. Tienen una parte media o diáfisis y dos extremos o epífisis”*.

*“En los huesos planos predominan los ejes longitudinal y transversal; son más largos y anchos que gruesos; por ejemplo, los parietales que se encuentran en el cráneo. Están constituidos por dos láminas o tablas de tejido compacto, una*



interna y otra externa, entre las cuales hay un tejido esponjoso llamado diploe”.

“Los huesos cortos miden aproximadamente lo mismo de largo, ancho y grosor; por ejemplo, los huesos del carpo y del tarso, formados por tejido compacto en la periferia y tejido esponjoso en el interior<sup>5</sup>”.



A.2  
Gráfico de la tipología de los huesos mostrando sus formas y su conformación interna

El Sistema Muscular es aquel que le da forma y fuerza al cuerpo humano, ya que el “tejido muscular constituye aproximadamente del 40 al 50% del peso del cuerpo; está formado por células alargadas llamadas fibras musculares que pueden ser de tres tipos: liso, estriado y muscular cardíaco”.

“Las propiedades fisiológicas del tejido muscular son:

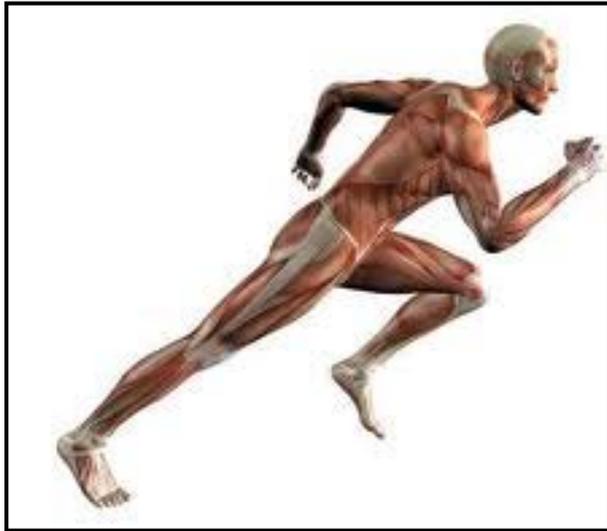
1. Excitabilidad o irritabilidad, que le permite recibir y responder a los estímulos.
2. Contractilidad, por medio de la cual el músculo responde, generalmente acortándose y haciéndose más grueso, conservando el mismo volumen.
3. Extensibilidad, que le permite estirarse.
4. Elasticidad, que es la propiedad que le permite recuperar su forma original después de haberse contraído o extendido”.

“Los músculos sirven para llevar a cabo el movimiento. Los músculos esqueléticos al contraerse ponen en movimiento a los huesos y a las articulaciones móviles y semimóviles,

<sup>5</sup> Ídem, pág. 79.



ayudan a mantener la postura del cuerpo y liberan calor que da la temperatura al cuerpo<sup>6</sup> (Ver imagen A.3).



A.3  
Gráfico del sistema muscular

De igual manera, el *Sistema Respiratorio*, encargado de oxigenar a todas las células del organismo, el *Sistema Digestivo*, dedicado a procesar los alimentos y nutrientes para la subsistencia del cuerpo y el *Sistema Circulatorio*, el cual está

especializado en proporcionar sangre a todo el cuerpo; participan en todo el mantenimiento y funcionamiento sincrónico de este organismo llamado humano.

En ese sentido, permiten que el sujeto a lo largo de su crecimiento y maduración, vaya desarrollando todas su virtualidades como hablar, pensar, escuchar, caminar, etc.

## 1.2 Movimiento

El cuerpo humano ha sido construido para moverse mediante la acción de sus huesos, articulaciones y músculos, y este movimiento puede tomar muy variadas y complicadas formas. Debido a esto se ha desarrollado una nueva disciplina, la biomecánica, que estudia la mecánica y los rangos del movimiento humano.

El movimiento, es una de las capacidades más complejas que el humano tiene la capacidad de desarrollar, ya que implica el funcionamiento armónico del sistema nervioso, óseo y muscular al mismo tiempo.

<sup>6</sup> *Ibíd.*, *Sistema Muscular, Miología*; pág. 110.



La capacidad de movimiento de la que el organismo provee a los sujetos, se basa en esencia, en el hecho de que el esqueleto del cuerpo humano forma dos sistemas de palancas (los brazos y las piernas), que se juntan en una columna articulada, la columna vertebral. Dado que la mayoría de los huesos del cuerpo humano están diseñados para ayudar al movimiento de las partes del cuerpo, se conectan unos con otros en las articulaciones y permanecen juntos por medio de los ligamentos y los músculos. Por lo tanto, la función primaria de los ligamentos es hacer que la articulación permanezca firmemente unida y que resista los movimientos que pudieran recorrerla hacia los lados y dañarla; pero al tener estas funciones, también resultan limitantes del movimiento cuando un músculo está totalmente distendido.

Al lograr comprender esta *mecánica* en el movimiento humano, se logra reconocer la complejidad de procesos que se vinculan orgánica y mecánicamente, lo que lleva a tomar de ahora en adelante como concepto básico a la *biomecánica*, que se define como “*Una ciencia interdisciplinaria (que abarca principalmente a la antropometría, la mecánica, la fisiología y la ingeniería) de la estructura y la conducta mecánicas de los materiales biológicos. Trata principalmente lo relacionado con*

*las dimensiones, la composición y las propiedades de la materia de los segmentos corporales, las articulaciones que mantienen unidos a estos segmentos corporales, la movilidad de las articulaciones, las relaciones mecánicas del cuerpo con los campos de fuerza, las vibraciones y los impactos, y las acciones voluntarias del cuerpo para ejecutar movimientos controlados en la aplicación de fuerzas, rotaciones, energía y poder sobre objetos externos (como controles, herramientas y otro tipo de equipo)*”<sup>7</sup>.

Es imprescindible que primero conozcamos la forma de caminar del ser humano, por ello tomemos en cuenta el estudio desarrollado por Plas y otros autores<sup>8</sup> “la marcha humana”, se analizará con más detalle cómo y qué partes del tobillo, rodilla y la cadera, se involucran al dar cada paso (Ver imagen A.4).

El caminar es un ciclo repetitivo. Éste se empieza cuando los dos pies se encuentran apoyados en el suelo; una pierna es el apoyo, y la otra se balancea mientras el cuerpo se va hacia delante y se detiene cuando el talón toca el suelo.

<sup>7</sup> Osborne, David J. (1999); *Estructura del cuerpo: El tamaño y movimiento del cuerpo en Ergonomía en acción*; México: Trillas; pág. 78.

<sup>8</sup> Plas F., Viel, E. y Blanc Y. (1996); *La marcha humana*; Barcelona: Masson.



El caminar o la marcha humana se divide en:

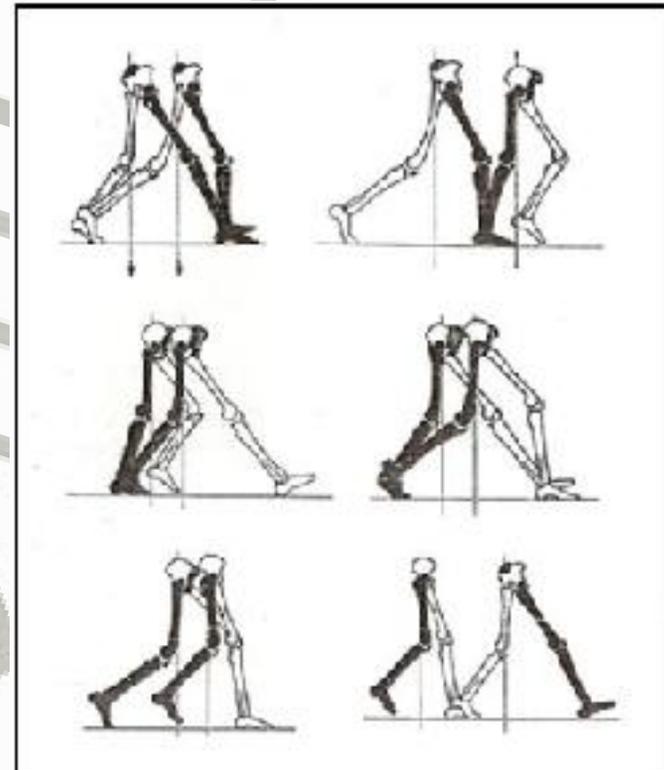
1. Apoyo.
2. Balanceo.

El primero se subdivide en apoyo del talón, apoyo de la planta del pie y despliegue del pie en el suelo.

El segundo se subdivide en aceleración (presente en el comienzo del ciclo) y desaceleración (sucede antes de tocar el suelo).

El apoyo presenta el 60% total del ciclo y el 40% es el balanceo y así sucesivamente.

Una vez que ya entendimos cómo caminamos, veremos el movimiento de forma esquemática de como la cadera, la rodilla, el tobillo y el pie derecho, funcionan al dar el paso.



A.4

Se puede apreciar los movimientos de cada uno de los huesos y las articulaciones que intervienen dentro de la locomoción o marcha humana, observando sólo el pie derecho



El sujeto en el devenir diario y durante las actividades que desarrolla en su cotidianeidad, puede padecer diferentes situaciones que lleguen a limitar su *movimiento*. Por ejemplo, desde algo muy simple como un esguince, luxación o dislocación siendo algo temporal, hasta algún tipo de paraplejía o esclerosis múltiple, de tipo permanente. En este caso, para la relevancia del tema al que se enfoca este trabajo de tesis, la atención se centra en las *fracturas*.

### 1.2.1 Mecánica de la locomoción

Desde el punto de vista del ergónomo la mecánica de la locomoción es importante por muchas razones, a saber: a) la locomoción puede causar fatiga; b) entender cómo se camina puede ayudar a diseñar calzado apropiado; c) ocurren muchos accidentes por resbalones (o por una locomoción inadecuada), y d) comprender cómo funcionan las piernas normales puede ayudar a diseñar los aparatos protésicos adecuados para los lisiados<sup>9</sup>.

Por tanto, las aplicaciones hacia el campo científico de la biomecánica son vastas, una de ellas es su uso en la sistemática de tratamiento de las fracturas, condición relevante

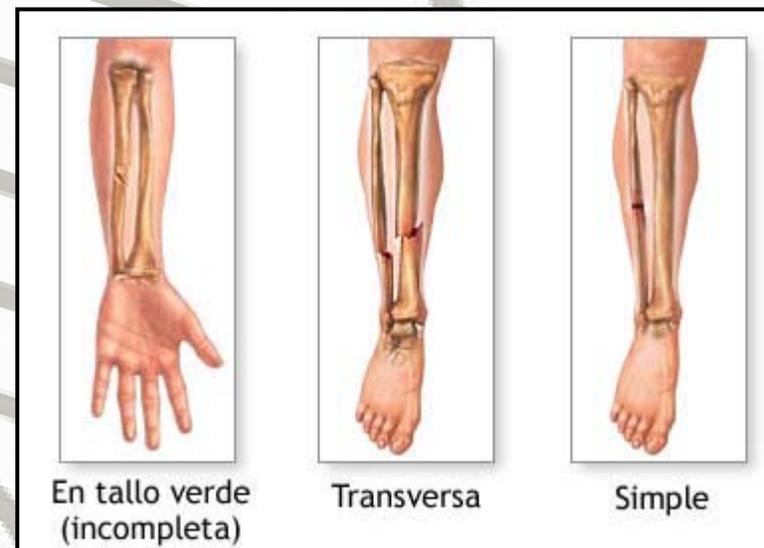
a lo largo de esta tesis. En ese sentido, resulta necesario identificar que ésta “se basa en dos efectos principales, el primero consiste en obtener una compacidad uniforme, de manera que las contracciones musculares no provoquen unas fuerzas internas que tiendan a desplazar la fractura. Para ello se encierran los grupos musculares en un espacio volumétrico, delimitado por las paredes de la **órtesis**, y determinado a su vez por la conformación realizada, como ha sido en la toma del molde. Es importante que éste se haga en la descarga para que la musculatura se encuentre en estado de relajación para evitar contracciones musculares al conformar el molde negativo de la órtesis. En casos de mayor complejidad fracturaría se puede aumentar la reducción de la carga por medio de los anclajes o apoyos óseos. Realizando un buen apoyo prepatelar se reducirá la carga completa de la extremidad. Lo mismo se puede lograr con el apoyo isquiático. En las órtesis conformadas muchas veces no es necesaria tanta descarga, ya que se prescriben como medio para el aumento de la estabilidad ósea<sup>10</sup>”.

<sup>9</sup> *Ibidem*, pág. 78.

<sup>10</sup> R. Viladot, O. Cohi y S. Clavell (1998); *Órtesis funcionales en el tratamiento de las fracturas de la extremidad inferior en Órtesis y prótesis del aparato locomotor 2.2*; Barcelona: Masson; pág.145.

### 1.3 Fracturas

“Una **fractura** es la solución de la continuidad de un hueso. Puede ser cerrada cuando la piel está intacta o expuesta cuando alguno de los fragmentos del hueso sale al exterior. Dentro de las fracturas cerradas, éstas pueden ser incompletas (fisuras) cuando solamente se pierde la continuidad en una pequeña porción del hueso, o completas cuando se rompe totalmente, pudiendo quedar los fragmentos alineados o separados, y en este caso pueden cabalgar (un fragmento queda encima de otro). El hueso se puede fracturar en dos o tres fragmentos y cuando éstos no se pueden contar la lesión recibe el nombre de conminuta. En los niños son frecuentes las llamadas fracturas en “rama verde” por su similitud con las ramas verdes de los árboles cuando se intenta romperlas. Los signos y síntomas dependerán del tipo de fractura, desde únicamente la aparición de dolor y aumento de volumen de la región afectada, hasta aparición de zonas violáceas en la piel, incapacidad funcional, movilidad anormal e incluso deformación de la región y crepitación (crujido) óseo<sup>11</sup>” (Ver imagen A.5).



A.5

Se puede apreciar la tipología de fracturas, nos permite darnos cuenta de que no todas son iguales

<sup>11</sup> Op. Cit.; Higashida; pág. 436.



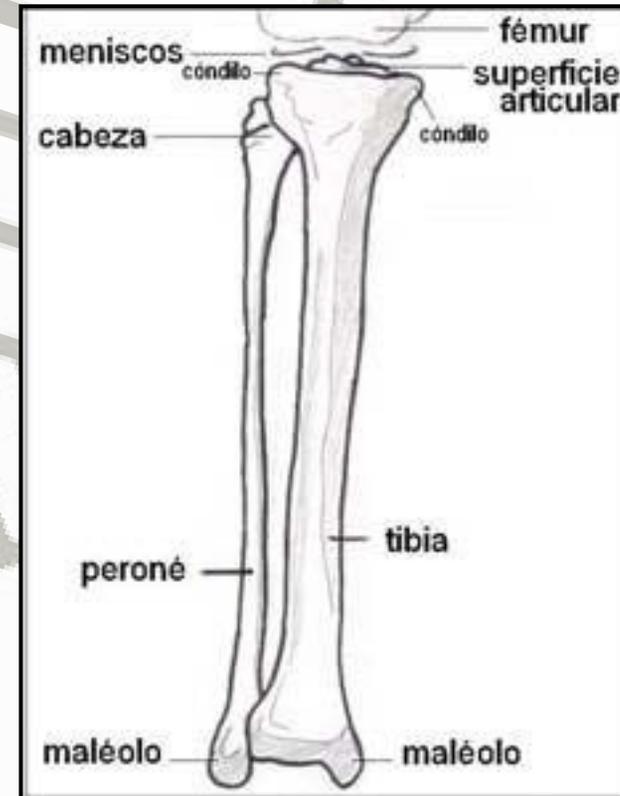
### 1.3.1 Fractura Tibia – Peroné

“El esqueleto de la pierna está constituido por la tibia y la fíbula (peroné). La tibia es un hueso largo que se encuentra en la parte medial (interna) de la pierna. Está constituida por un cuerpo y dos extremidades; su extremidad proximal o superior presente dos superficies articulares cóncavas que se articulan con los cóndilos del fémur y otra pequeña para la fíbula (peroné); su extremidad distal o inferior tiene una saliente, el **maléolo** medial (maléolo interno) y dos superficies articulares, una para la fíbula (peroné) y otra para el talus (astrágalo)”.

“La fíbula (peroné) es el hueso lateral (externo) de la pierna, es un hueso largo constituido por un cuerpo y dos extremidades; su porción o cabeza que se articula con la tibia; su extremidad distal o inferior presenta una saliente, el maléolo lateral (maléolo externo) y superficies articulares para el talus y la tibia”.

“Los huesos del pie se dividen en tres pares: tarso, metatarso y falanges. La rótula (patela) es un hueso triangular con su base superior y su vértice inferior situado en la parte anterior de la rodilla, en su cara posterior presenta dos

depresiones en las cuales se articulan los cóndilos del fémur<sup>12</sup>”  
(Ver imagen A.6).

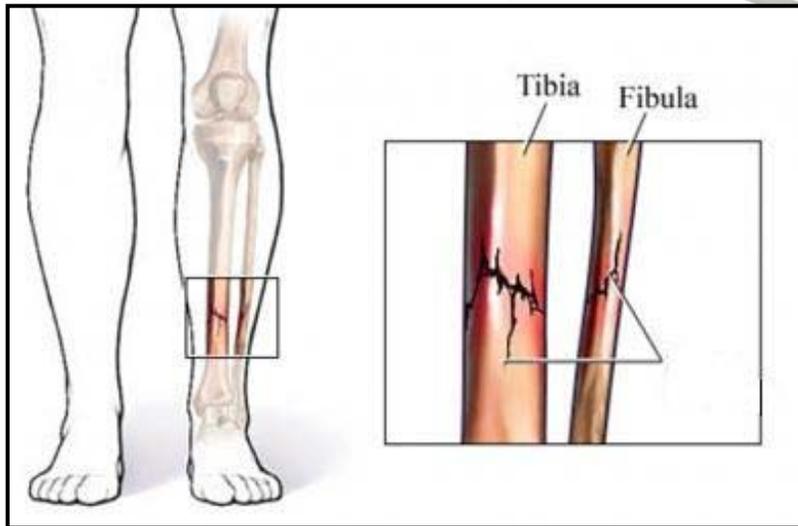


A.6  
Nos presenta de manera más detallada la estructura ósea de la pierna

<sup>12</sup> Op. Cit.; Higashida; pág. 98.



Cuando un sujeto sufre una fractura en la extremidad inferior, generalmente son afectados ambos huesos, tibia y peroné. Estas fracturas pueden ser, como ya se ha visto, de tipos cerradas, abiertas o expuestas (Ver imagen A.7).



A.7  
Se presenta de manera más gráfica una fractura tibia – peroné

### Estadísticas de fracturas en el Instituto Nacional de Rehabilitación

Basándonos en las estadísticas de personas que se fracturan en México al año, que de cada 100 mil personas, según la estadística de **morbilidad** que nos presenta el Instituto Nacional de Rehabilitación (I.N.R.), las más recientes, nos muestra el porcentaje de personas que ingresan en la institución con esta lesión en particular, así como los distintos porcentajes en cuanto al sexo, que nos muestra, que el nivel de fracturas en el hombre es más elevado por la exposición a mayores riesgos laborales, sociales etc.

Naturaleza de la lesión	Mujeres		Hombres		Total	%
	Número	%	Número	%		
Traumatismo de tobillo y pie	16,671	17.1	80,949	82.9	97,620	2.4
Traumatismo de la pierna	21,195	23.4	69,360	76.4	90,555	2.2

Tabla extraída de los archivos del Instituto Nacional de Rehabilitación año 2009



La rehabilitación de tantos pacientes, los registrados por lo menos tiene un costo para el gobierno aproximado en \$52.00 pesos diarios por un promedio de 4 a 6 meses, más las intervenciones quirúrgicas, si así fueran requeridas.

Tabla del departamento de archivo y estadísticas del Instituto Nacional de Rehabilitación, donde nos muestra que de cada 100 mil pacientes que atienden con este tipo de lesiones la mayoría se presentan en los varones, sin embargo el porcentaje de mujeres también es muy importante.

#### 1.4 Sistemática de tratamiento

El tratamiento funcional de una fractura empieza en el momento de su indicación. Su elección implica el conocimiento y respeto riguroso de sus tres fases de tratamiento:

- Fase aguda
- Fase funcional
- Fase de readaptación

##### Fase aguda

Se inicia en el momento en que el paciente acude a urgencias.

En primer lugar se procede a la valoración clínica (estado de las partes blandas, grado de exposición lesiones asociadas), radiológica (tipo de fractura, grado de desplazamiento) y de los criterios de estabilidad de la fractura.

El tratamiento de la fase aguda persigue la remisión de los signos inflamatorios y la consecución de una estabilidad intrínseca por medio de una bota de yeso **cruropédico**<sup>13</sup>.

La duración de esta fase aguda oscilará entre 3 y 6 semanas en función del grado de afectación de las partes blandas y del tipo de fractura.

<sup>13</sup> Yeso cruropédico, bota de yeso o férula que brinda inmovilidad total en la zona afectada.



## Fase funcional

En las fracturas de la tibia se retirará el vendaje de yeso cruropédico o una **férula** funcional, para proceder a la confección de un yeso funcional tipo PTB (*patelar tendón bearing*) o una órtesis funcional de rehabilitación. A las 24 horas de su colocación el paciente iniciará la carga asistida de la extremidad (Ver imagen A.8).



A.8  
Bota de yeso tipo PTB para comenzar la etapa de rehabilitación

A las 24 horas el paciente inicia la deambulaci3n con las articulaciones bloqueadas en extensi3n para, posteriormente, reeducar la marcha permitiendo la movilidad articular.

## Fase de readaptaci3n

La movilidad articular permitida durante la fase funcional y la autorizaci3n de la deambulaci3n precozmente acorta o anula esta fase<sup>14</sup>.

## 1.5 Órtesis

De acuerdo al diccionario, las órtesis son definidas como:

*“Aparato que mantiene dos partes juntas o en su lugar. Dispositivo o aparato ortopédico que se emplea para mantener, alinear, evitar o corregir deformidades o mejorar la funci3n de las partes móviles del cuerpo<sup>15</sup>”.*

<sup>14</sup> Op. Cit.; Viladot; pág. 137

<sup>15</sup> Dorland (2005); Diccionario enciclopédico ilustrado de Medicina; España: Elsevier; pág. 1401



### 1.5.1 Clases de férulas por su funcionamiento y material de fabricación

colocarlo en su posición original, para así poder llevar a la sala de urgencias, con la garantía de que no llevan a un paciente con alguna deformación ósea (Ver imagen A.11).

#### Férulas rígidas

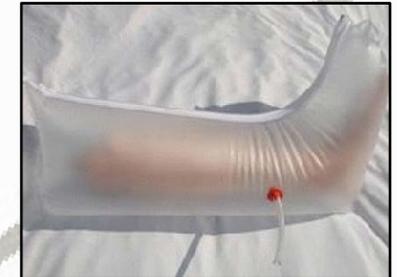
Son las férulas u órtesis que están hechas con materiales duros para inmovilizar la extremidad en el momento de un accidente, se fabrican de madera, plástico o metal, con el suficiente cuidado de tener un material acojinado en contacto con la extremidad (Ver imagen A.9).



A.9  
Férula rígida

#### Férulas blandas

Este tipo de férula también se llega a utilizar en los primeros auxilios, es comúnmente llamada férula de aire, que no es sino una funda, con un cierre, de la articulación que se tiene que inflar soplando con la boca y está conformada para inmovilizar el miembro afectado durante su traslado al servicio de urgencias (Ver imagen A.10).



A.10  
Férula blanda

#### Férulas de tracción

Las férulas de tracción están conformadas por un armazón de metal y unas bandas para la sujeción de la pierna, y en el extremo un mecanismo que le permite a los paramédicos, poder estirar el miembro afectado y poder



A.11  
Férula de tracción



## Férula Sarmiento

La primera férula comercial que presentaremos, será la Sarmiento, que debe su nombre al descubridor del efecto “zuncho” el doctor Augusto Sarmiento, así como lo asevera el Dr. Marco Antonio Fuentes del INR: *“Aparato ortopédico que tiene como fin favorecer la consolidación ósea, permitiendo la movilidad de las articulaciones vecinas.”*

Construida en un sistema de cuatro tallas, para las fracturas del tercio medio de tibia peroné, realizadas en polipropileno, y para mejor ajuste con tiras de Velcro®, y con un costo de \$2400.00 y con un plazo de entrega de hasta dos meses, en seguida se presentará la tabla con el sistema de tallas con las que consta el aparato.



A.12

Se presenta la imagen de la férula Sarmiento, y ya con mayor detalle se pueden observar algunas de sus características, como son las tiras de Velcro® y la superficie para la transpiración.

## Sistema de tallas de la férula Sarmiento

Producto	Talla	Lado	Cont. Tobillo	Cont. Pantorrilla	Long.
Ort. Fract. Adulto	Peq.	Izq. y Der.	23 cm.	32 cm.	44 cm.
Ort. Fract. Adulto	Med.	Izq. y Der.	25 cm.	36 cm.	47 cm.
Ort. Fract. Adulto	Med.-Grd.	Izq. y Der.	25 cm.	38 cm.	57 cm.
Ort. Fract. Adulto	Grd.	Izq. y Der.	28 cm.	41 cm.	52 cm.

Dentro del sistema de tallas nos encontramos algunas medidas importantes para la mejor adaptación del aparato a la pierna del paciente, como son:

- El contorno del tobillo.
- El contorno de la pantorrilla.
- La longitud o la altura del hueco poplíteo.

Que es la manera en que estos aparatos llegaron a una semiestandarización.

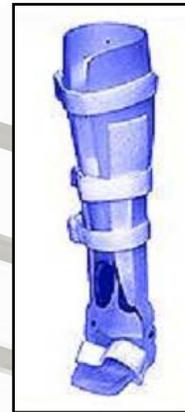


### Férula Boston

Férula funcional para fracturas dístales de tibia y peroné, fabricada en polietileno de muy baja densidad, es ligera de peso y moldeable con calor lo que permite una gran adaptación y gracias a ello conseguir el efecto de "zuncho", necesario según la teoría del Dr. Augusto Sarmiento.

Abierta por delante, su diseño, con almohadillas de plastazote sobre ambos maleólos, permite la fijación interna de fracturas bimaleolares o maleolares laterales con desgarros del ligamento deltoideo, facilita la movilización precoz favoreciendo la reducción del edema y mejorando la vascularización de la zona con lo que se acelera la cicatrización, permite la dorsiflexión y la flexión plantar mientras que limita la inversión/eversión o prono-supinación, incluye cazoleta articulada con posibilidad de cambio de posicionamiento mediante Velcro® y dos calcetas de tejido elástico antiedema. Y con un costo de \$2950 más gastos de envío desde Estados Unidos

A continuación se presentarán tanto la imagen de la férula Boston como el sistema de tallas que maneja.



A.13

Presentamos la imagen de la férula Boston, que para el análisis estará considerada como de las más adecuadas, a excepción de las tiras de Velcro® como medios de sujeción, ya que se desgastan muy rápido, y el sistema de tallas, que es casi igual al de la Sarmiento y seguimos considerando muy cerrado.

Sistema de tallas de la férula Boston

Producto	Talla	Lado	Cont. Tobillo	Cont. Pantorrilla	Long.
Órt. Fract. Boston	Peq.	Izq.	18-23 cm.	30- 36 cm.	33-41 cm.
Órt. Fract. Boston	Med.	Izq.	23-25 cm.	33- 38 cm.	38-46 cm.
Órt. Fract. Boston	Grd.	Izq.	23-28 cm.	38- 43 cm.	43-51 cm.
Órt. Fract. Boston	Peq.	Dcho.	18-23 cm.	30- 36 cm.	33-41 cm.
Órt. Fract. Boston	Med.	Dcho.	20-25 cm.	33- 38 cm.	38-46 cm.
Órt. Fract. Boston	Grd.	Dcho.	22-28 cm.	38- 43 cm.	43-51 cm.



Nos encontramos con un sistema muy similar al de la férula Sarmiento, así que no haré más comentarios, sólo la presentación de la imagen de la férula.

Sistema de tallas y precios de la férula Walker.

### Férula Walker

Aparato de carcasa semirígida, sustituye el yeso en la fase post-operatoria, en el tratamiento de las fracturas estables o por stress de la pierna y / o el pie, en los esguinces severos de tobillo y en las roturas del tendón de Aquiles así como en la rehabilitación temprana, soporte de células de aire múltiples con compresión gradual y pulsátil para el control del edema, talón sellado con colchón de aire, suela con bajo perfil para asegurar una marcha natural y nos muestra un sistema de cinco tallas y con un costo de \$3610.00 más gastos de envío desde Europa y 3 meses a partir de la realización del pedido.



A.14  
Se presenta la imagen de la férula Walker, para que la podamos conocer a detalle y nos demos cuenta de que cumple con los requisitos ortopédicos, además de poder observar, también, su sistema de sujeción.

Talla/Medida en cm.	Precio
Talla S - (35-39)	\$3,610
Talla M - (39-43)	\$3,610
Talla M ancha - (39-43)	\$3,610
Talla L - (43-45)	\$3,610
Talla L ancha - (43-45)	\$3,610
Talla XL - (+ 45)	\$3,610

Cabe hacer notar de que esta férula tiene un sistema un poco distinto de las demás, su sistema de tallas esta basado en la numeración del calzado europeo y así es como se puede distinguir de las otras, aunque por un lado es más confiable, también es cerrado como las anteriores.



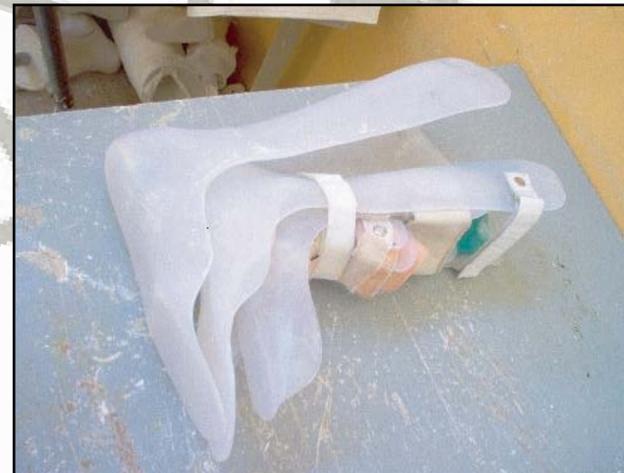
### Férulas hechas a medida

Las férulas que llamaremos “hechas a medida”, son aquellas que como su nombre lo indica, están fabricadas en el INR o cualquier dependencia de salud, como el IMSS o el ISSSTE para una sola persona con medidas exactas, es por eso que no ahondaremos más, tan solo para conocer su proceso de fabricación, que se enlista a continuación, y que se presentará de manera gráfica en la página 27:

- La toma de molde de yeso del paciente.
- Cerrado del molde.
- Llenado con yeso para la obtención del positivo de la pierna del paciente.
- La modificación del positivo, resaltando los puntos importantes ya antes mencionados.
- Colocación del material, polipropileno, en su estado plástico con un sistema de succión.
- Corte y afinado de la pieza.
- Colocación de herrajes, tiras de Velcro® y remaches.
- Entregar al paciente.

Cabe mencionar que para obtener una de estas férulas se tiene que esperar a que el Instituto tenga los recursos, es decir, que posiblemente tarde hasta un mes, para llegar a las manos del paciente.

Presentamos la siguiente imagen con un ejemplo de las férulas personalizadas, ya que para cada una de las lesiones en la zona de tibia-peroné, la férula que se prescribe es diferente a casi cualquier otra, sin embargo, las que se presentan están fabricadas para la rehabilitación dentro de la tercer etapa de la sistemática del tratamiento de las fracturas dentro del tercio medial de la pierna.



A.15

Se presenta un juego de tres férulas para la rehabilitación de la marcha, durante la tercera etapa dentro de la sistemática de tratamiento de fracturas



### 1.5.2 Análisis de férulas y sus características

Dentro de toda la gama de férulas que se encuentran en el mercado y las fabricadas en las distintas instituciones y hospitales que atienden las fracturas de tibia-peroné, se seleccionaron algunas que son más representativas en cuanto a la especialización de la etapa de rehabilitación de fracturas, que son las férulas Walker, Boston, Sarmiento y como suplemento las férulas fabricadas en los hospitales y tiendas de ortopedia, que llamaremos “personalizadas”, la mejor forma de analizarlas es establecer una relación comparativa de las características primordiales que debe cumplir una férula de este tipo.

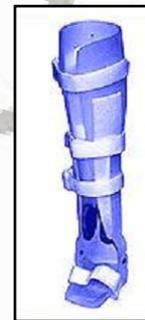
#### Análisis comparativo de las férulas seleccionadas

	(A)	(B)	(C)	(D)
Contiene instructivo para su colocación	✓	✓	✓	●
Cuenta con diferentes tallas	✓	✓	✓	●
Medios ecológicos de desecho	●	●	●	●
Es necesaria la supervisión para colocarse	✓	✓	✓	✓
Esta hecha para fracturas	✓	✓	✓	✓
Esta hecha para Parálisis cerebral	○	○	○	✓
Fabricación a medida	○	○	○	✓
Fabricación en serie	✓	✓	✓	●
Materiales adecuados de fabricación	✓	✓	✓	✓
Posibilidad de cambiar de talla	●	●	●	●
Propicia el efecto “zuncho”	✓	✓	✓	○
Requiere ayuda para la colocación	✓	○	○	○
Tiene cubierta interna de protección	●	✓	✓	✓
Tiene las medidas exactas	✓	○	○	✓
Tiene medios de ajuste perfecto	✓	✓	✓	✓
Tiene posibilidad de mantenimiento	○	○	○	●
Tiene posibilidad de reuso	○	●	●	●
Tiene soporte en los huesos indicados	✓	✓	✓	✓
Utiliza algún medio distinto para su fijación	✓	●	●	●
Hecha solo para un paciente	●	●	●	✓
Utiliza Velcro para sujeción	✓	✓	✓	✓

- ✓ = Si cumple
- = En un 50%
- = No cumple

Tipos de férulas para el análisis comparativo

Boston  
A



Walker  
B



Sarmiento  
C



“A medida”  
D





### Resultado del análisis

Basado en lo que se menciona en el tercer párrafo de la página 10, explicaré primeramente de donde provienen los juicios de “Si cumple, No cumple y en un 50%”, por principio de cuenta el parámetro de “si cumple” completamente con la característica enunciada o que si la tiene.

Que “no cumple”, como lo indica, ya sea que no tenga las características o que el diseño no tuvo en cuenta la misma dentro de sus expectativas al ser desarrollado.

En un 50%, que dentro del cumplimiento de las finalidades que tiene, algunas no las acata cabalmente o la expectativa no es completa.

### Resultados del análisis de productos existentes

De los resultados del análisis de productos existentes que tenemos, podemos resumirlo en algunos puntos importantes, como son los que siguen:

- La importancia del instructivo para la colocación de la férula, en caso de ser comprada en tienda, además de una explicación del técnico, ya sea esta en alguna institución o en tienda.

- El sistema de tallas de las actuales férulas es muy difícil, sino imposible que al darles un servicio de

mantenimiento puedan ser prescritas a algún otro paciente, y más cuando este tiene distintas medidas en la pierna y lo más probable es que solo tenga un usuario en la vida útil del producto.

- Todas las férulas que se hacen a medida, terminando el tratamiento se vuelven basura y los materiales con que se realizaron no son reciclables, transforman así en desperdicios sólidos.

- Este tipo de férulas debe de tener una cubierta interna de protección, como ya hemos dicho, los materiales pueden ser varios como **Plastazote** o **Pelite**, que por sus propiedades hipoalergénicas permite mejor la transpiración de la piel, de ahí que sea importante que tenga esa cubierta.

- Los materiales adecuados de fabricación, son el polipropileno (PP) y el Pelite (una variante de EVA), seleccionados entre algunos más por su resistencia y duración, pero conforme se vayan investigando más materiales, se diseñarán más y mejores férulas.

- Desde las investigaciones del doctor Augusto Sarmiento, dentro del tratamiento para la rehabilitación de las fracturas, la ortopedia se dio cuenta de que el efecto “zuncho” al ser algo positivo, las férulas tienen que propiciarlo para una mejor rehabilitación de las fracturas de tibia-peroné.



- Las férulas actuales requieren las medidas exactas del paciente para poder hacer el efecto “zuncho”.

- Aunque el Velcro® haya sido un descubrimiento importante, tiene un desgaste muy rápido por su uso constante, ya no es considerado un medio de ajuste confiable.

- El lavado y la limpieza de las férulas, además de importante, es necesario, pero no todas tienen la posibilidad de darle un mantenimiento a todas sus piezas.

- Las férulas requieren de supervisión para su colocación, así como el aprendizaje de la secuencia por parte de algún familiar en caso de que el paciente así lo requiera, y tiene que ser un técnico ortesista, que además de colocarla por primera vez, le dará la explicación al paciente y al familiar, para así aprovechen las ventajas completas del producto.

- Algunas férulas que no tienen completamente el apoyo en los huesos indicados para cumplir con su cometido, se le tienen que realizar algunos arreglos al “ahí se va”, para que puedan ajustarse y lograr así el apoyo necesario.

De los resultados obtenidos a partir de un exhaustivo estudio de las diferentes alternativas de férulas para el tratamiento de fracturas de tibia-peroné, la información encontrada supone un énfasis en la optimización del diseño de

las mismas, por lo que se pone de relieve las carencias y deficiencias que poseen los aparatos existentes en el mercado pues no responden a las necesidades del usuario; de acuerdo a los datos obtenidos la férula ha de poseer las siguientes características:

- Ajuste perfecto
- Fomentar el efecto zuncho
- Tener recubrimiento interno **hipoalergénico**

Lo que devendrá en una propuesta altamente creativa, funcional y por encima de las expectativas requeridas mínimamente en las férulas de rehabilitación de este padecimiento.

### **1.5.3 Instituciones médicas en México**

Una vez que ya conocemos un poco más a fondo cómo funcionan los aparatos que ayudan a la rehabilitación de las fracturas, también es importante que lo relacionemos con los usuarios directos, la gente que sufrió una fractura de tibia-peroné, por lo mismo ahora trataremos de ser mucho más específicos en cuanto a que tipo de personas podríamos llegar a ayudar con esta investigación así como el contexto donde se desenvuelven, un estudio sobre el clima del entorno que los rodea, así como la infraestructura y secuencia de la realización

---

---



actual de estos aparatos en uno de los hospitales que tratan este tipo de lesiones (Véase imágenes A.16 y A.17) como lo son el Instituto Mexicano de Seguridad Social y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado.

Para poder revisar las Estadísticas de Morbilidad hospitalaria según lugar de importancia, 1998 a 2008, verlas en Anexo 1, página 85.



A.17  
Logotipo del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de Trabajadores del Estado, ISSSTE



A.16  
Logotipo del Instituto Mexicano de Seguridad Social, IMSS

## 1.6 Semblanza del Instituto Nacional de Rehabilitación

“El Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), es una Institución única en su género en México y América Latina, cuya misión es abatir la incidencia de la discapacidad que generan en una importante proporción, los servicios de atención médica que reducen la letalidad a expensas de dejar secuelas discapacitantes.

El Instituto Nacional de Rehabilitación no es un nuevo hospital, es una Institución de transformación y de cambio.

De transformación, porque la atención médica, a través de la investigación científica, ofrecerá eficaces modelos de



prevención, de resolución (curación) definitiva, a un alto porcentaje de discapacidades.

De cambio, porque el Sistema Nacional de Salud, será alimentado y enriquecido permanentemente con los avances de una medicina de excelencia y eficacia en la atención de la discapacidad, dejando atrás el paradigma de hospital que al atender enfermedades y lesiones, éstas generan la mayor parte de la discapacidad.

El Instituto Nacional de Rehabilitación, es la culminación del esfuerzo, que desde 1973, inició la Secretaría de Salud y Asistencia y el Gobierno de la República Mexicana, a través del Programa Nacional de Rehabilitación y Educación Especial (CREE), para ofrecer a la población en general (niños, jóvenes, adultos y tercera edad), una Institución que les asegure obtener soluciones eficaces, ante las diferentes discapacidades que afectan a la población de todo el país bajo el lema: “Ante necesidades Específicas, soluciones concretas”.



A.18

Logotipo del Instituto Nacional de Rehabilitación

Con la suma de los esfuerzos humanos, materiales y financieros de los Institutos de Medicina de Rehabilitación, Comunicación Humana y Ortopedia, el Instituto Nacional de Rehabilitación se ha colocado como una Institución innovada, diferente por su concepto de modernidad médica diversa, transformadora de la realidad social y equitativa en la distribución del gasto a la salud.



### **Laboratorio de órtesis y prótesis**

Función del Servicio:

- Apoyo y soporte para el seguimiento de las prescripciones e indicaciones médicas ante las necesidades de Prótesis y Órtesis que se prescriben; diseñando, adaptando y fabricando las unidades que cada paciente requiere individualmente.



A.19  
Fotografía panorámica externa del  
Instituto Nacional de Rehabilitación

Padecimientos que tratan:

- Secuelas de amputaciones de extremidades, secuelas de malformaciones congénitas, de PCI (Parálisis Cerebral Infantil), de EVC (Enfermedad Vascular Cerebral), de complicaciones de Diabetes, de traumatismos, defectos de postura, luxaciones de cadera, distrofias neuro-musculares, tratamientos post-quirúrgicos, secuelas de neoplasias, secuelas de padecimientos vasculares, entre otros



Equipos e Instalaciones con las que cuentan:

- Área administrativa de recepción y ventanilla de atención al público, oficina de control de producción, almacén de trabajos terminados, con 3 equipos de cómputo, 3 máquinas eléctricas de escribir Trabajo Social,
- 6 cubículos con sus mesas de exploración para toma de medidas y revisión de pacientes 1 pedestal para toma de moldes bajo rodilla, barras paralelas
- Corsetería Ortopédica con 4 máquinas de coser y bancos de trabajo,
- Zapatería Ortopédica con banco de acabado, 1 máquina de coser para calzado, 1 rebajadora de piel y 4 bancos de trabajo;
- En el laboratorio de órtesis y prótesis, 20 bancos de trabajo con sus respectivos tornillos de banco, área de yesos, cuarto de máquinas, horno eléctrico para termoplásticos, 2 excavadoras tipo Trauman, 2 taladros de pedestal, 1 motor con esmeril, 1 lijadora vertical, 1 sierra cinta, 1 bomba de vacío, 1 compresora, 2 yunques. Un equipo para diseño y fabricación de Órtesis y Prótesis asistido por Computadora CAD-CAM

con su respectiva P.C. y excavadora de control numérico<sup>16</sup>.



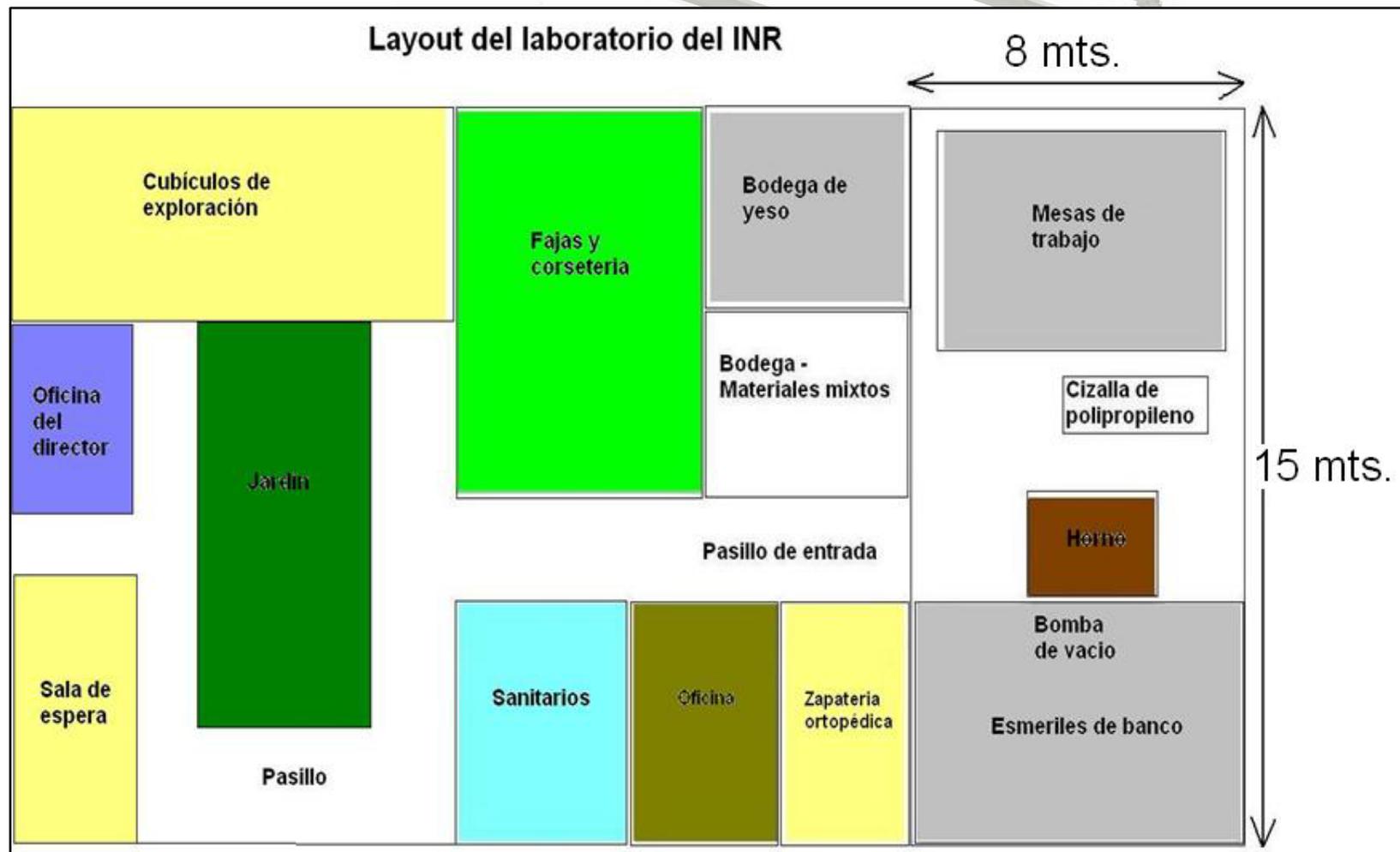
Instalaciones de rehabilitación física.  
Archivo personal

<sup>16</sup> INR (2010); *Instituto Nacional de Rehabilitación* en <http://www.inr.gob.mx/>



La disposición de todos estos espacios, insumos y herramientas dentro del taller de órtesis y prótesis del INR ofrece un reconocimiento específico de las posibilidades de manufactura y diseño existentes en dicho instituto, por lo cual,

para la relevancia de esta tesis, es pertinente presentar un layout del laboratorio de trabajo con medidas y espacios destinados para la fabricación de aparatos ortopédicos.





Una vez conociendo con qué tipo de infraestructura cuenta el I.N.R., así como su funcionamiento, es importante señalar que no es nada fácil entrevistarse con las personas adecuadas, así como poder romper el ambiente de envidias y malas costumbres por las que los trabajadores se caracterizan, ya una vez superado este tipo de obstáculos, podemos trabajar con mucha mayor libertad y contando con la ayuda de algunos técnicos para saber objetivamente los procesos de fabricación y poder tener una idea de cómo podemos ajustar la nueva propuesta a su tecnología.

De acuerdo con el diseño de aparatos para rehabilitación ha sido a partir del ingenio de los mismos médicos ortopedistas y del método de prueba y error, satisfaciendo las necesidades de manera prácticamente individual con medidas únicas.

Teniendo en cuenta el caso específico de cada una de las lesiones que presenten los pacientes, tanto la intensidad de la fractura, que puede ser desde una sencilla fisura, hasta una múltiple y abierta, así como la ubicación de la misma, para que el médico ortopedista prescriba algún tratamiento o un aparato

en particular, además de los cuidados en casa, para cada paciente.

A continuación se enunciarán los procesos para la realización de aparatos (férulas u órtesis) para el tratamiento de la segunda etapa de rehabilitación de fracturas de tibia-peroné en su totalidad.

### **Proceso de fabricación de las férulas en el INR<sup>17</sup>**

Para la fabricación de una férula de tibia peroné, es necesario marcar con un lapiztinta (lápiz especial que al humedecerse la punta, se vuelve tinta) lugares importantes de la pierna del paciente, y estos son:

- El tendón patelar (bajo la rótula).
- El hueco poplíteo (en la parte trasera de la rodilla).
- Los cóndilos de la rodilla (los laterales de la rodilla).
- La cabeza del peroné.
- Los maléolos del tobillo.
- El primer y el quinto metatarsiano.

<sup>17</sup> Todas las fotos de los pasos 1 al 19 son parte del archivo personal, dentro del INR



La razón importante de marcar sobre estos lugares es por la comodidad que debe tener el usuario, así como evitar que la férula llegue a tener una presión de más en lugares donde no es necesaria.

La mayoría de las órtesis presentadas son un mero ejemplo de lo que hasta ahora se ha podido lograr en cuanto a la rehabilitación de las extremidades inferiores, cuando los problemas son algunos otros como malformaciones u otros padecimientos, sin embargo, en cuanto a lo que son los traumatismos, la realización de las férulas tiene una fabricación que por lo general tiene el siguiente procedimiento:

### Paso 1



Lo primero que se tiene que hacer es poner algunas medias para la protección de las vellosidades de la persona y algún lubricante como vaselina, además de un plástico protector donde se van a cortar las vendas de yeso una vez que éstas endurezcan.

### Paso 2



El siguiente paso para la realización de la férula es, marcar con lápiz tinta (no marca hasta que está mojado) los lugares importantes donde la férula va a apoyarse, como son el hueco poplíteo, los cóndilos de la rodilla, la cabeza del peroné, los maléolos del tobillo, así como el primer y el quinto metatarsiano, ya que esas son las medidas personales del paciente y el **técnico ortesista** las necesita para que su férula tenga la forma idónea del paciente.

### Paso 3



Lo siguiente es cubrir con vendas de yeso la pierna del paciente, antes hay que colocar una tira de plástico de unos 2 cm. de ancho en algún lugar de la extremidad, y remarcarla bien, ya que ahí se le va a realizar un corte, para así tener un negativo de la pierna.



#### Paso 4



Una vez separado el negativo de yeso de la pierna del paciente, tiene que sellarse con una tira de venda de yeso. Para así poder hacer el vaciado del yeso que nos va a dar como resultado el esbozo del positivo de la pierna.

#### Paso 6



Ya una vez que el yeso haya fraguado se le arranca la venda de yeso a la que previamente se le puso un poco de talco como separador, y al original, ya sin el yeso, se le pica con

algún punzón en los lugares donde se marcó el lápiz tinta y se le vuelve a marcar y se le pone más yeso para que la protuberancia sea mayor y así esos lugares tengan un poco más de holgura cuando se le coloque la férula al paciente.

#### Paso 5



Una vez que el negativo ha sido sellado y arreglado para que pueda contener el vaciado del yeso, es necesario que se busque una varilla o en este caso un perfil redondo del calibre suficiente y del largo superior a el molde para

que pueda resistir el peso del yeso que conforma el positivo, para su próxima transformación en manos de un técnico ortesista.

#### Paso 7



Los técnicos ortesistas llaman doble tacón a la realización de un corte en el sitio del talón, de aproximadamente 5 mm y después llenarlo con un excedente de unos 5 mm más al talón, técnica que simula la

altura de un tacón de zapato y así que no pierda el equilibrio el paciente, o en este caso el molde de yeso.



### Paso 8



El siguiente paso que nos disponemos a hacer es darle una tersura a todo el molde, y así poder simular la pierna del paciente con los aumentos en esos los lugares que son importantes ya mencionados anteriormente, para que la férula no le vaya a quedar apretada o tenga un contacto muy ajustado en algún lugar de la pierna.

### Paso 9



Por otro lado se marcan los trozos de polipropileno, las cuales va a consistir la férula y se cortan en una cizalla, para meterlas al horno, en el cual se van a dejar hasta que el material este transparente, aproximadamente unos 180°

centígrados, por lo cual tenemos que esperar un promedio de media hora.

### Paso 10



Una vez con el polipropileno en estado plástico, es decir transparente, el siguiente paso tiene que ser muy rápido y con muchísima precisión, para no tener o que repetirlo y desperdiciar material, que es: con un par

de guantes de asbesto, se toma la pieza de plástico y se coloca sobre el molde de yeso, una vez hecho esto, se cierra manualmente, para que el tubo de succión de aire la selle lo más rápido posible.

### Paso 11



Ya habiéndole sacado todo el aire que pudiera llegar a contener, se deposita dentro de un recipiente de agua fría, para que la pieza que cubre al molde ahora ya

no sea tan fácil que se altere y tome la dureza que es característica en la lámina de polipropileno.



### Paso 12



Una vez que el molde se enfrió con la lámina termoformada de polipropileno y con la pieza de la órtesis marcada por la parte de abajo del material plástico, sobre la media, procederemos al corte de la pieza con una sierra especial de disco, para así poder darle los acabados finales.

### Paso 13



El siguiente paso es tratar de darle una mejor presentación, es decir, quitarle todas las rebabas de material con un esmeril, ya que quedan muchas después de haber cortado la pieza con la sierra.

### Paso 14



Después de haber recortado piezas de la órtesis en cuestión, para su mejor adaptación con la piel de la pierna, se tiene que suavizar de sus contornos, para que así no vaya a tener ninguna arista que pueda llegar a lastimar la piel del paciente y mucho menos en la parte afectada y esto lo logran de una manera artesanal, ya que lo hacen con trozos de vidrio hasta que la zona de contacto tiene una tersura muy suave.

### Paso 15



Cuando las piezas de la férula ya se encuentran pulidas, en caso de que tengan más de una, es el momento de colocar los fijadores, las que comúnmente se ocupan son tiras de Velcro® de una pulgada, y las ligas que harán de uniones, en caso de que algunas partes requieran movimiento, como una flexión en el tobillo o posibles soportes en los cóndilos de la rodilla.



### Paso 16



El recubrimiento que ha de llevar la órtesis por dentro, el que va a estar en contacto con la piel, debe ser un material suave, resistente y que evite la sudoración para así evitar tanto las infecciones, como la más rápida curación de la extremidad, se llama pelite.

### Paso 17



Este es un ejemplo de cómo se entregan las órtesis y como es la adaptación con la pierna de la persona afectada por algún daño que tenga en la extremidad.

### Paso 18



Se presenta las herramientas que se utilizan para fabricar molde negativo de la pierna del paciente, que no son más que los regulares que se ocupan para enyesar una extremidad de cualquier paciente, con algunos más como: Lápiz tinta, cutter y protector de plástico, para cuando se corte el yeso del vendaje.

### Paso 19



Así como también se presentan las herramientas con las que se modifica el molde positivo de yeso de la pierna del paciente, como son: Cepillo de alambre, navaja de zapatero, mango para **surform** de los tres tipos: plano, media caña y redondo, etc.



- 2.1 Argumentación
- 2.2 Planteamiento del problema
- 2.3 Antropometría
- 2.4 Estadística del estudio antropométrico
- 2.5 Objetivo general
  - 2.5.1 Objetivos particulares
- 2.6 Requerimientos



## Capítulo 2

## ...Un mundo de alternativas



## 2.1 Argumentación del proyecto

La razón principal que fundamenta la elección y estructura de mi proyecto, tuvo sus orígenes a partir de las observaciones y el análisis en torno al diseño y uso de las férulas empleadas para la rehabilitación de fracturas de tibia-peroné durante mi estancia en el INR; en dicha dependencia pública encontré que las órtesis empleadas poseen las siguientes características:

- Estas férulas no tienen la posibilidad de reutilizarse, ya que están fabricadas de manera personal y no es posible, de momento, que se le realice una modificación para que se pueda adaptar a algún otro paciente.

- Que el material con el que se fabrican, polipropileno, además de ser altamente costoso, contamina en varios aspectos, si lo tiramos a la basura como un plástico que no será biodegradable y si es quemado, despiden gases altamente tóxicos, de cualquier forma que se quiera desechar termina convertido en algo altamente perjudicial para la salud.

- La fabricación de estas férulas, conlleva a un elevado desperdicio de recursos, por los materiales que se utilizan durante su realización, como es yeso, agua, calor, electricidad y lo más importante que es tiempo, ya que cuando no hay

material dentro del instituto, para su realización, ésta llega a tardar hasta más de un mes, para llegar a manos del paciente.

- Para las férulas comerciales, les encontramos algunos detalles en cuanto a su conformación, no siempre es posible que la tengan en todas las tallas de manera inmediata, es decir que el tiempo de espera puede ser hasta de un mes a partir del día que se realiza el pedido, además de tener que dejar un adelanto económico para asegurar la entrega.

- Las férulas comerciales, una vez terminado el tratamiento, es sumamente difícil que se encuentre a otro paciente con las medidas similares, para que puede ser reutilizada, en caso de no hallar a otro paciente, se transforma en basura.

Además considero que dentro del campo de la rehabilitación, el Diseño Industrial puede dar soluciones concretas por medio de diseños inteligentes, por lo mismo planteo los siguientes objetivos generales y particulares.

## 2.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, como ya se ha analizado, un buen porcentaje de la población que sufre accidentes, los cuales devienen en fracturas de tibia-peroné, durante su periodo de rehabilitación emplean férulas que por sus características,



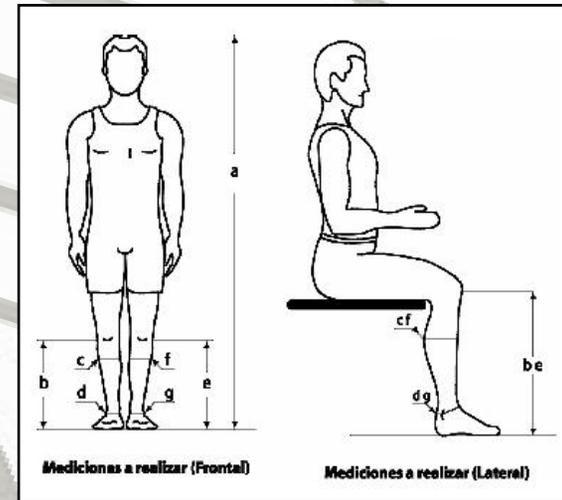
material y diseño, son desechadas en un periodo de 3 a 6 meses, constituyéndose en una inversión poco redituable para el Sistema de Salud Público, por tanto, existe la necesidad de diseñar una órtesis que sea regulable en cuanto a medidas a lo largo como a lo ancho en distintos puntos de la extremidad, con la finalidad de que la institución, pueda adaptarlas a los pacientes que hayan sufrido un accidente de este tipo.

### 2.3 Antropometría

El término antropometría se deriva de dos palabras griegas: *antropo* (s) –humano- y métricos perteneciente a la medida. Así esta subdisciplina trata lo concerniente a la “aplicación de los métodos físicocientíficos al ser humano para el desarrollo de los estándares de diseño y los requerimientos específicos para la evaluación de los diseños de ingeniería, modelos a escala y productos manufacturados, con el fin de asegurar la adecuación de estos productos a la población de usuarios pretendida” (Roebuck, Kroemer y Thompson, 1975).

Así pues, el ergónomo debe usar los datos antropométricos (Ver Anexo 1) para asegurar, literalmente, que

la máquina del ambiente le quede bien (o se ajuste) al hombre<sup>1</sup>.



B.1

Gráfico de las posiciones de donde se toma el estudio para obtener los percentiles 5 y 95, así como el promedio, la media y la incidencia.

<sup>1</sup> Osborne, David J. (1999); *Estructura del cuerpo: El tamaño y movimiento del cuerpo en Ergonomía en acción*; México: Trillas; pág. 69.



Por lo mismo se propone el siguiente proceso para llevar a cabo la toma de medidas (Ver imagen B.1):

- La altura total se tomará de pie contra una pared donde se encuentre la cinta métrica y se realizará con una escuadra.
- El peso total se tomará sin zapatos. Considerando los tres distintos tipos de complejiones, endomorfos, ectomorfos y mesomorfos.
- El diámetro del tobillo se toma a la altura de los maléolos teniendo en cuenta sus protuberancias y evitar yerros, porque es la más importante de las tres y se tomará con la cinta métrica.
- El diámetro de la pantorrilla se tomará a 1 ½" pulgadas hacia debajo de la cabeza del peroné, que es por la parte de afuera de la pierna, con la cinta métrica.
- La altura de la rodilla se tomará de la altura del eje articular hacia el piso, la pierna junto con el tobillo en un ángulo de 90°.
- Los datos recabados serán de individuos de un segmento de la comunidad universitaria de la carrera de Diseño Industrial.

Todos los datos se recopilan siendo capturados y registrados de forma gráfica en tablas numéricas de manera inmediata en el formato diseñado para tal función.

De estos datos se obtendrán determinaciones para las medidas de una nueva férula para rehabilitación de fracturas de tibia-peroné.

Se recurrirán a estas herramientas:

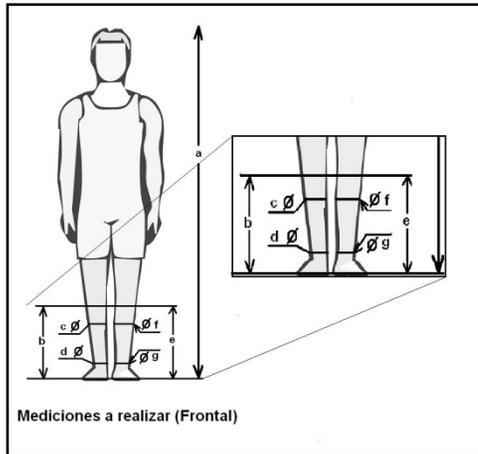
- **Escuadra**
- **Báscula**
- **Dos cintas métricas (Flexómetros)**

Previamente se coloca una cinta métrica pegada en la pared, para medir la altura total del individuo (de pie) y otra para medir los diámetros de tobillos, pantorrillas y alturas del frente de las rótulas hasta donde el pie toca el piso.

Todos los datos se recabarán en milímetros, proporcionando datos más confiables.

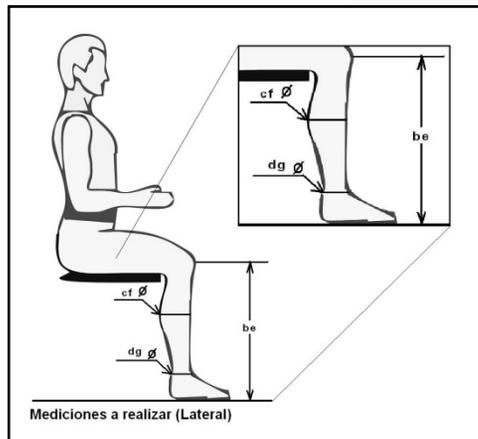


Ahora mostraremos dos gráficos que muestran los lugares exactos de la toma de medidas (Ver imágenes B.2 y B.3):



Mediciones a realizar (Frontal)

B.2  
Especificación  
gráfica del método  
de toma de medidas  
desde vista frontal



Mediciones a realizar (Lateral)

B.3  
Especificación  
gráfica del método  
de toma de medidas  
desde vista lateral  
sedente

Este estudio antropométrico nos proporcionará datos estadísticos que junto con las medidas de las férulas comerciales antes mencionadas a tomar las decisiones sobre las medidas del nuevo diseño tanto en los contornos como en la longitud.

## 2.4 Estadística del estudio antropométrico

A partir de una muestra de 30 individuos de la comunidad de la FES Aragón, siendo éste un universo que por sus características de variabilidad se encuentran individuos dentro del estándar de edad promedio así como de estaturas variables eligiendo una población a la que se le decidió tomar medidas de la pierna con cinta métrica, una escuadra y una báscula para obtener los resultados, que nos darán las medidas reales arrojando resultados reales y así poder obtener los percentiles 5 y 95, la incidencia, la mediana y el promedio, con el fin de tener bases para determinar las medidas de la férula<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Presentado en el Anexo 1, realizado en las instalaciones de la FES Aragón en el año de 2004.



## Resultados del estudio antropométrico

Nuestros resultados en milímetros son, como lo esperábamos:

Resultados	Altura	Pierna izquierda			Pierna derecha			Peso
<b>Incidencia</b>	1700	460	385	280	460	380	265	65
<b>Mediana</b>	1712	468	373	265	470	370	265	73
<b>Percentil 5</b>	1662	440	335	235	440	330	232	57
<b>Percentil 95</b>	1845	510	435	290	510	440	295	93
<b>Promedio</b>	1729	168	373	265	469	371	267	73

Ya con los resultados reales sobre las medidas, entonces podré definir al usuario por la altura, sin embargo y aunque iré dando algunas características más de éste.

## Consideraciones Musculares

Una vez conocidos los percentiles que por definición muestran las medidas de la población del estudio realizado, para lograr la flexibilidad del diseño que se busca, es necesario conocer cómo se encuentra conformada la estructura muscular de la pierna, a razón de la movilidad que guardará cada una de las piezas que forman el diseño.

Para ello, se realizó un estudio muscular, a posteriori del conocimiento de los conceptos básicos de la anatomía y

fisiología de la pierna; en el que se logró especificar a partir de bocetos gráficos, las secciones musculares relevantes para el desarrollo del diseño.



B.4  
Boceto del estudio muscular.



## 2.5 Objetivo general

Diseñar una férula de rehabilitación de fracturas de tibia-peroné que sea regulable en sus medidas, tanto a lo largo como lo ancho para que así garantice un mejor ajuste en la extremidad de la población de usuarios a quien se pretende satisfacer la necesidad de rehabilitación.

### 2.5.1 Objetivos particulares

- Reevaluar el proceso de fabricación de una férula en el INR a partir de las características de funcionamiento y anatomía del aparato locomotor, específicamente la zona tibia-peroné.
- Aplicar los conocimientos adquiridos de ergonomía en el diseño actual de las férulas y establecer los requerimientos necesarios para un nuevo diseño.
- Identificar a la población vulnerable al sufrimiento de fracturas en la zona de tibia-peroné y establecer los criterios de medida y diseño que permitan que la férula se ajuste a la mayoría de la población.

## 2.6 Requerimientos

### Requerimientos ergonómicos

- El nuevo diseño debe tener protección hipoalergénica como la espuma de pelite, para garantizar la higiene de la zona afectada del usuario.
- El conjunto de piezas del nuevo diseño generará al paciente la confianza suficiente durante la rehabilitación (efecto zunchos), brindando la sensación de seguridad durante la rehabilitación.

### Requerimientos de costos

- El nuevo diseño requiere el mínimo de material para poder reusarse varias veces más, solo es cuestión de darle mantenimiento y cambiar el recubrimiento de pelite o cambiar alguna pieza dañada.

### Requerimientos de materiales

- El material del nuevo diseño tiene que ser anticorrosivo como el polipropileno y el aluminio, para evitar óxido alrededor de la zona afectada del usuario.



### **Requerimiento de proceso del producto**

- El nuevo diseño será fabricado a partir de la tecnología con la que cuenta el INR, específicamente con la infraestructura del Laboratorio de Órtesis y Prótesis, para evitar gastos de importación o de producción extranjera.
- El nuevo diseño, por la conjunción de sus piezas, reducirá el tiempo de ensamblado de las férulas a un máximo de 50 minutos, evitándole tiempo de espera al usuario.

### **Requerimientos de forma**

- El diseño se adaptará a los tamaños de pie del número 3 al 10, ya que el diseño de la talonera, se realiza conforme a las normas para la realización del calzado, siendo intercambiable dependiendo la medida del usuario.
- El diseño contará con barras extensoras y cinturones con un mecanismo de trinquete para poder alargar su longitud, desde 550 a 600 milímetros y de contornos desde 150 a 165, para ajustarse.

### **Requerimientos de uso**

- Todo el sistema tiene que estar diseñado para que su uso sea totalmente manual, por lo mismo se diseña una cubierta de polietileno cubriendo tuercas de reborde con estrías por la parte de abajo, y los cinturones con mecanismo de trinquete, no requieren de herramientas para ajustarse.



- 3.1 **Mercurio**
- 3.2 Descripción del proyecto
- 3.3 Análisis de materiales y piezas
- 3.4 Proceso de fabricación de la férula  
Mercurio
- 3.5 Análisis estético
- 3.6 Análisis funcional
- 3.7 Preparación antes de la colocación
- 3.8 Instructivo gráfico para la colocación
- 3.9 Mantenimiento de la férula **Mercurio**
- 3.10 Costos
- 3.11 Mercado y patente
- 3.12 Planos técnicos



**Mercurio**  
La rehabilitación del futuro

## Capítulo 3

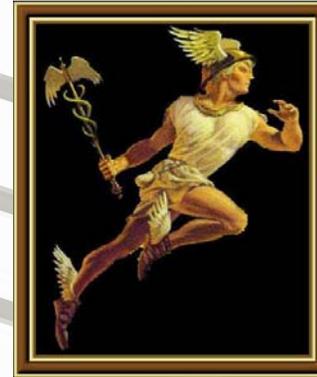
...¿Qué hacer?¿...Y, Cómo?



### 3.1 Mercurio

El nombre de la férula lo tomamos de uno de los Dioses del panteón romano, Mercurio (Ver imagen C.1); conocido mejor como “el mensajero de los dioses”, y era el encargado de que la comunicación entre ellos fuera llevada a cabo con rapidez y con la particularidad de tener un par de alas en cada tobillo y el caduceo (Símbolo de la vida y la muerte) en la mano derecha, que es un signo heráldico y tiene similitudes con la vara de Esculapio, emblema usado actualmente por la medicina, que es un símbolo que nos remite inmediatamente a un estado completo de equilibrio, bienestar y salud; sentido y propósito del diseño.

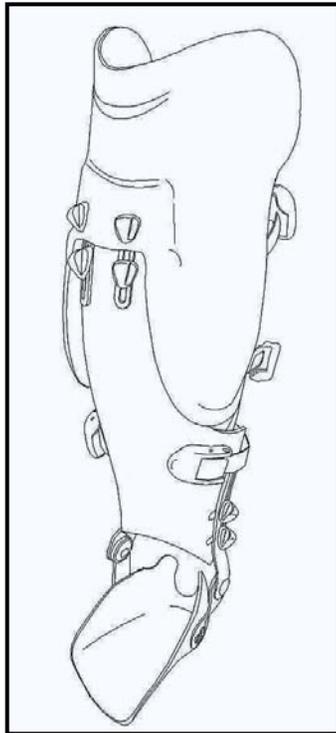
La principal referencia, por la cual se utiliza el nombre de **Mercurio**, es la optimización del tiempo que se requiere para que el usuario pueda comenzar con la etapa de rehabilitación en un tiempo comparativamente menor al de las férulas comerciales o personalizadas, ya que este diseño implica que el tiempo de espera del usuario para obtener su férula es menor



C.1  
Imagen del Dios Mercurio, mostrando las alas en los tobillos y el caduceo en su mano derecha

### 3.2 Descripción de la férula Mercurio

**Mercurio** es la solución ideal para la rehabilitación de fracturas de tibia-peroné ya que la compresión uniforme que transmite a las zonas óseas para inmovilizar y estabilizar el segmento lesionado permitiendo la movilidad articular colindante, indicada para el tratamiento funcional de fracturas de tibia y peroné y por la velocidad con la que le es proporcionada al paciente, el tratamiento de recuperación se lleva a cabo casi de inmediato. A partir de su colocación.



C.2  
Render de la férula Mercurio

La excelente adaptación que tiene con la extremidad, es la requerida para que se logre el efecto zunchos, el más importante dentro del tratamiento de rehabilitación de las fracturas, por ello, de igual forma se considera la selección de materiales ya que las cualidades de los mismos permiten que

dicho efecto sea posible a partir de su flexibilidad, maleabilidad y sincronía entre ellos. Además de que la elección de material se encuentra determinada a partir de sus potencialidades inherentes, se considera también las posibilidades de la infraestructura y recursos con los que se cuenta en el laboratorio del INR.

### **Las ventajas**

Dentro de las ventajas que presenta la férula están, por ejemplo, que no es necesaria la realización del molde de yeso de la pierna del paciente para su perfecta adaptación, sino que con solo una rápida sesión de toma de medidas de la extremidad, que se realiza con una cinta métrica en los contornos de la pantorrilla y el tobillo, así como la longitud de la rodilla a suelo (se toma al costado), hecho completamente en milímetros, la toma de una pedigráfica (huella del pie) será suficiente para el técnico, para que en solo un corto tiempo, de 45 a 60 minutos tenga lista la férula adecuada para cada uno de los paciente, sin importar si tienen o no el pie plano o de que número calzen, ya que comparado con el tiempo regular de espera que es hasta de un mes, para la fabricación de las férulas personalizadas, ya sea por trámites hospitalarios o por



la falta de la materia prima en los mismos, la rehabilitación se retrasa.

### 3.3 Análisis de materiales y piezas

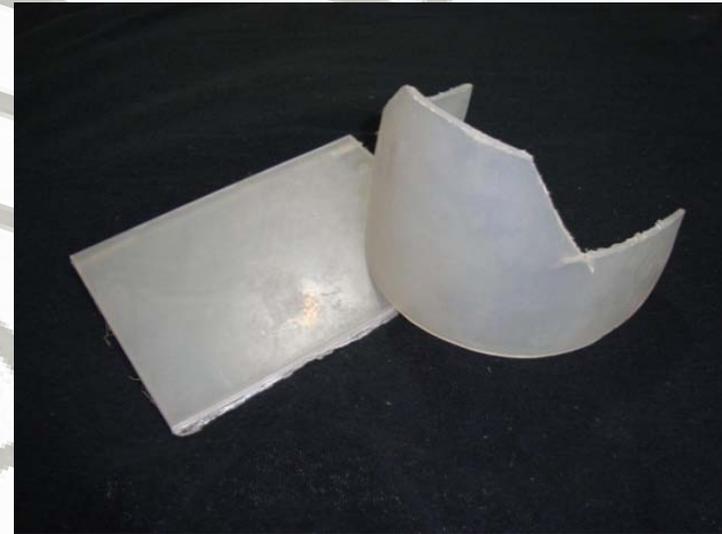
La pertinencia de dedicarle este espacio al tipo de materiales y piezas de las que está compuesto **Mercurio** emana de la necesidad de enfatizar las posibilidades y mejoras que ofrece como diseño a partir del tipo de materiales que la componen.

Dentro de la gama de materiales que nos ofrece la industria mexicana, se analizaron las opciones pertinentes de acuerdo al uso y piezas que conforman el nuevo diseño.

Entre las piezas que conformarán la nueva férula, ubicamos las que cubrirán completamente la extremidad inferior, cuatro en total, para lo que se consideran el Nilón laminado, el ABS laminado, el PET-G laminado y el polipropileno laminado.

Donde los primeros 3 bien podrían llevar a cabo con los esfuerzos físicos a los que estará expuesta la nueva férula y aunque los procesos mediante los cuales pudieran ser conformados, se elegirá el Polipropileno laminado de 1/8" de

pulgada que supera con creces las pruebas de resistencia<sup>1</sup> y es el material que se usa, por sus características físicas<sup>2</sup>, dentro del laboratorio de órtesis y prótesis del INR.



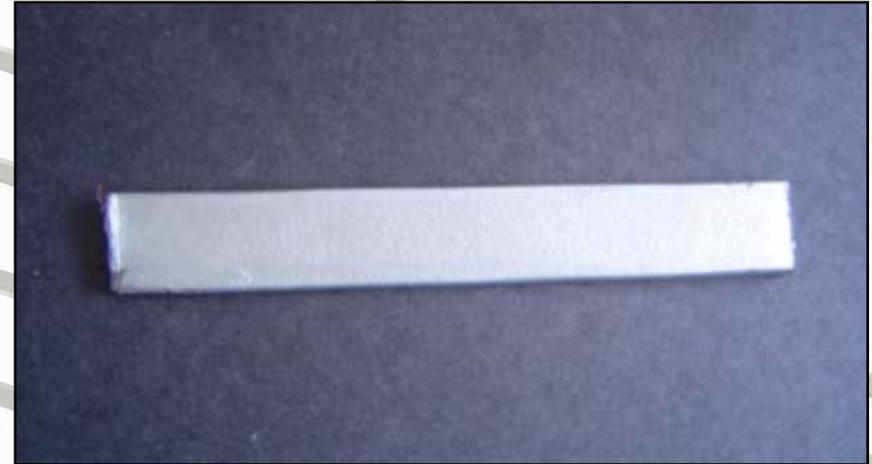
C.3  
Muestra física del polipropileno, liso antes de entrar al horno y ya termoconformada

<sup>1</sup> Anexo 2 Pruebas de resistencia de material

<sup>2</sup> Anexo 3 Características del polipropileno



Para las barras extensoras frontales y para las articulaciones de los tobillos, se consideraron materiales como el acero inoxidable, aunque es un material plenamente usado en el Laboratorio de órtesis y prótesis del INR, y el polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), sin embargo este último quedó descartado ya que la tecnología que se necesita para conformar las piezas que se requieren no está disponible en mencionada institución y el acero inoxidable, aunque es un material que por toda la complejidad de su consistencia lo hace muy pertinente, posee la desventaja de tener un alto costo en el mercado, lo cual, no lo hace tan asequible por las condiciones económicas generalizadas actualmente; y después de las pruebas realizadas a la solera de aluminio<sup>3</sup> y de revisar sus características físicas<sup>4</sup>, se determina que es el material adecuado con el cual se realizarán las barras extensoras frontales y para las articulaciones laterales usando solera de aluminio de 5/8'.



C.4  
Solera de aluminio de 1 pulg. De ancho por 1/8" de espesor, el cual se le hará un por el cual se mantendrán fijas las piezas de la nueva férula

Para el recubrimiento interno se tomaron en cuenta distintos materiales con los que se hace actualmente y de acuerdo a las características físicas del Pelite<sup>5</sup>, comparándolo con el Plastazote, material que tiene memoria y no es adecuado para una férula, éste, después de una semana quedaría completamente plano; por lo cual, se selecciona el Pelite, ya que esta espuma demuestra su resistencia al ser el

<sup>3</sup> Anexo 2 Pruebas de resistencia de material

<sup>4</sup> Anexo 3 Características físicas del aluminio

<sup>5</sup> Anexo 3 Características del Pelite



más usado para la realización de plantillas ortopédicas, la tecnología del laboratorio de órtesis y prótesis del INR permite trabajar con cualquiera de los dos, se selecciona el Pelite y sus cualidades morfológicas son las más adecuadas para la función que se busca.



C.5  
Muestra física de los múltiples usos del pelite, como lámina para recubrimiento interno, como plantillas para pie plano, etc.

que no maltrata el Pelite y posee la misma fijación que el 5000, por ello, su elección se hace afirmando su competitividad frente a cualquier otro pegamento.



C.6  
Pegamento 3080, que de acuerdo a las personas que reparan calzado, es el que tiene mejor fijación

Para fijar el Pelite a las piezas de polipropileno, se tenía la opción entre el pegamento 5000 y el 3080<sup>6</sup>, seleccionando este último a partir de la experiencia que comparten en común técnicos ortesistas del Laboratorio, al saber que es un material

<sup>6</sup> Anexo 3 Características del pegamento 3080



Otra parte importante del nuevo diseño son los medios de fijación, para lo cual se hizo un estudio de duración del Velcro, comparado con los cinturones de mecanismo de trinquete (usados actualmente en los patines en línea), seleccionando estos últimos ya que mostraron mayor duración y estabilidad, pues se mantienen inamovibles al caminar, y por el contrario, las tiras de velcro, requieren de ser ajustadas después de algún un tiempo; éstas duran un aproximado de un mes en uso continuo y además son ruidosas.



C.7  
Imagen de los mecanismos de trinquete, en su uso cotidiano "Patines en línea"

Las tuercas que se usarán para el diseño, tuvieron que ser diseñadas a partir del requerimiento de que el ensamblaje en el sujeto de la férula ha de ser completamente manual y no mecánico, por lo que se recubrieron las tuercas de reborde con piezas de polietileno, mediante inyección, con cuerda comercial para tornillos de acero inoxidable de 5/32', ocho en total por cada férula lo que facilita que con el simple movimiento de pinza con el dedo pulgar e índice del usuario, puedan ser ajustadas todas las piezas de la férula en cuestión.



C.8  
Las tuercas de este tipo no requieren ningún tipo de herramienta para poder manipularse, en este caso, la colocación y el poder desarmarla férula, es muy sencilla ya sea para el usuario o para algún familiar.

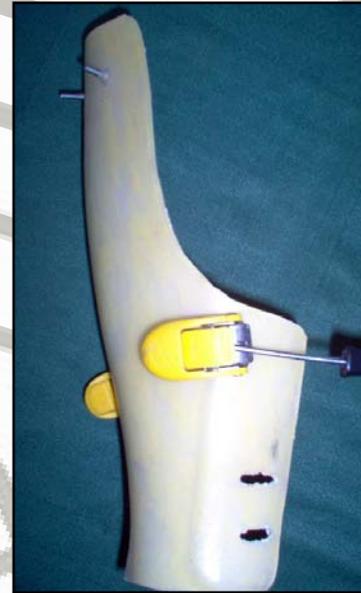


## Las piezas de la férula Mercurio<sup>7</sup>



- La primera cubre la parte superior frontal de la pierna, desde la parte superior de la rótula hasta 7cm por debajo del tendón rotuliano, cubriendo así los músculos gemelos o pantorrilla y por detrás hasta 1.5 cm. antes de cerrar por el hueco poplíteo, con un mecanismo de trinquete 2

cm. por debajo del mismo y uno más a la altura de la mitad de la pantorrilla, por la parte trasera, para así tener control absoluto sobre los contornos de la parte superior de la pierna, que se extiende desde los 32 cm. a los 41 cm. Alrededor de la pantorrilla por los mecanismos de trinquete que lleva, uno bajo el hueco poplíteo y otro a la mitad de la pantorrilla (mediante el proceso de termoformado fue explicado en el capítulo 1 a partir de la página 27).



- La segunda pieza frontal recubrirá desde 3.5 cm por debajo del tendón rotuliano, hasta 1 cm por arriba de los maléolos fijada por la parte superior por medio de dos tiras de solera con 4 tornillos de poste y dos mecanismos de trinquete a la altura de 7 cm. hacia arriba de la cresta de los maléolos,

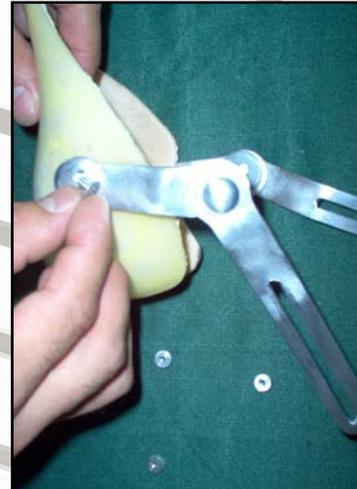
que permite alargar la pieza desde los 44 cm. a los 57 cm. en la zona de la espinilla por medio de 2 barras frontales de aluminio que servirán para fijarla a la pieza frontal superior.

<sup>7</sup>Las imágenes que a continuación se presentan forman parte del archivo personal.



- La pieza trasera que va por debajo de las dos anteriores, esta se fija a la talonera por medio de dos articulaciones de aluminio de 3 mm de espesor, de un diseño que se distinguen por su funcionalismo, su peso y la mínima cantidad de

piezas, que al mismo tiempo pueden graduar la altura gracias al ángulo que se llama “bayoneta” y por medio de tornillos avellanados de medida comercial 3/16” y una curvatura de 60° debajo de la zona del movimiento libre, ya que cuando el paciente pasa más de un mes con una bota de yeso requiere esa libertad de movimiento, y con un tamaño discreto, para que se pueda introducir en el calzado sin ningún problema.

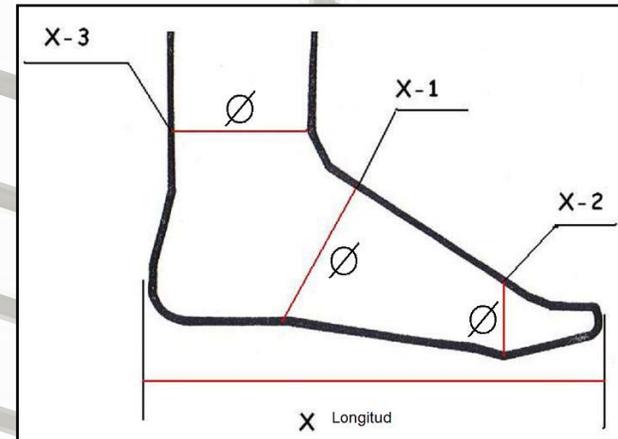


- Por último la talonera se propone ser intercambiable, que se adaptará al pie del paciente de acuerdo al número de calzado que use, ya que esta pieza cumplirá con las medidas de estandarización de calzado, que se

presentarán en la página 50, la cual será intercambiable, tendrá que haber en el almacén de todos los números, enteros y medios. El recubrimiento interno de la talonera, tendrá un tratamiento distinto al resto de la férula, ya que se colocará de último momento tras el análisis de la pedigráfica del paciente, para que se adapte completamente al usuario, así tenga un arco pronunciado o pie plano. Que estará fijada por tuercas moleadas (con el mismo acabado de los tornillos de las pinzas de presión) para su fácil desarmado total.



De acuerdo con José Antonio Rocha de la Torre<sup>8</sup> en su libro “La tecnología del calzado en México” la estandarización de la fabricación del calzado se lleva a partir de tres números que son la base para la realización de todos los demás, éstos son el 16, 23 y 27, ya que son el molde a seguir y solo con algunas pequeñas modificaciones se pueden diseñar la gama de zapatos de cualquier número. La teoría más importante del autor es la relación numérica que encuentra en las medidas de los pies, pues todas estas son prácticamente consecutivas, por lo que a partir de los estudios que nos presenta en su libro, damos cuenta de la sencillez que tiene esta secuencia, por ejemplo si una persona calza del 27, tiene la medida de 24 cm en el tobillo de su pierna, 26 cm en el contorno de su empeine y 25 en el contorno de la base de los huesos metatarsianos pero con el siguiente gráfico que tomamos de las páginas del libro de Julius Panero “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”<sup>9</sup> quedaría más claro.



#### C.9

Esquema que representa los lugares de medidas que tienen relación en la extremidad inferior, en particular pierna, pie y tobillo. Según José Antonio Rocha de la Torre

<sup>8</sup> Consejo Directivo del Museo Nacional de la Piel y el Calzado.

<sup>9</sup> Panero, Julius (1996); Las dimensiones humanas en los espacios interiores; México: G. Gili.



### 3.4 Proceso de fabricación de la férula Mercurio<sup>10</sup>

Basado en los procesos ya antes referidos de fabricación de aparatos dentro del INR, a continuación se describirá específicamente la fabricación de **Mercurio**, se tiene que saber cómo colocar una venda de yeso, teniendo en cuenta la debida protección para la extremidad del paciente, la cual solo nos sirve para darnos una idea de la forma de la pierna original, después se tiene que dejar secar el yeso, se tiene que pegar esta venda y hacer un vaciado para poder obtener así un positivo de la pierna en yeso, el cual se dejara secar todo un día con el molde (venda de yeso).



Se tomaron las medidas del sujeto y al tener similitudes con los percentiles del estudio antropométrico que se llevó a cabo, se prosiguió a tomarlo como voluntario para de su pierna sacar el molde positivo para la nueva férula **Mercurio**.

Al día siguiente se retira la venda y comienzan las modificaciones que se le han de realizar a los moldes, los cuales tienen la finalidad de dejar el molde preparado para el recubrimiento con el polipropileno, las modificaciones son:

- Pasar la herramienta que se llama Surform como si fuera un cepillo de carpintería sobre la superficie del molde, la cual cuenta con distintos acabados, se tiene que lograr un acabado terso, al tiempo que se usa agua como lubricante.



Imagen del doble tacón, y se pueden observar, las marcas de lápiz-tinta que se pusieron en la pierna del voluntario.

- Con un formón se le corta, a la altura del talón, un fragmento de aproximadamente 5 mm, a lo cual los técnicos llaman el doble tacón, ya que esta modificación le da equilibrio al molde.

<sup>10</sup>Las imágenes presentadas del proceso de fabricación forman parte del archivo personal.



- Con los mismos surfones se le va rebajando las partes del molde que tengan las medidas requeridas, o se le va aumentando con más yeso líquido, hasta que se tiene la forma necesaria.



A partir de los percentiles de las medidas de los contornos de pantorrilla, y tobillo y longitud del piso a la rodilla, se realizará en molde de yeso similar al de las férulas "hechas a medida".

- La placa de polipropileno se corta de la medida adecuada, (sobre el molde) de la punta del pie hasta el hueso poplíteo o del talón a la rótula, cortando así tantas piezas como partes de la férula necesitamos.



Después de cortar la placa de polipropileno, tomando la medida de la punta del molde a la parte más alta (contando la curva) se prepara para el horno.

- El horno de INR se pondrá a precalentar durante media hora a 180° C, colocándole antes una tela de teflón para evitar que el polipropileno en estado plástico se adhiera a la plancha de horno.



Imagen del horno Otto Bock es una de las marcas especializadas para el tratamiento del Polipropileno, material con el que se fabrica la gran mayoría de aparatos ortopédicos en México.

- El molde es cubierto por una media o tela de cielo y se prepara, colocando una manguera que está conectada a la bomba de vacío.



Imagen del molde ya modificado y listo para aplicarle la lámina de polipropileno.



- Una vez teniendo la placa de polipropileno en estado plástico (transparente) se coloca sobre el molde, se sella manualmente (usando guantes de asbesto) y se abre la bomba de vacío para así obtener una copia lo más fiel posible del molde, esta placa unida al molde se tiene que dejar enfriar por toda una noche.



Primera plastificación del molde, esto se hará por cada una de las piezas, de ser posible, se busca que salgan dos por segmento de lámina, y así agilizar la fabricación y economizar material.

- Una vez fría, sólido y con su color natural, al polipropileno se le señala con un marcador donde quedará la pieza que requerimos, la misma se corta con una sierra de disco, se le desbasta completamente la rebaba del material hasta conseguir una textura suave en todos los contornos de la misma.



Estas operaciones se repiten en la totalidad de las piezas que conforman nuestro diseño, ya que el hecho de utilizar vacío nos deja pocas opciones de tiempo para poder hacer varias piezas en una sola laminación.

- Una vez que el polipropileno está frío y señalado con marcador aproximadamente en donde queremos para poder cortarlos con la herramienta con la que cuenta por medio de una sierra de vibración.



Con esta herramienta hay que tener cuidado, ya que si no tenemos la precisión suficiente, lo único que lograremos es rayar la lámina y no es el fin que buscamos.

- Una vez cortadas las piezas tendrán un acabado similar al de la imagen de abajo, lo que nos permite ver que aún no están terminadas.



Al tener las piezas de polipropileno en esta etapa, está casi al 60% para terminar la férula, una vez más hay que medir y verificar la forma para estar seguro de que cada una es como la requerimos.



- Para ir dándole textura más tersa a la orilla de las piezas de la férula, son necesarios dos pasos importantes, el primero de ellos es pasarlas por un cono de esmeril.



Este paso pareciera ser muy sencillo, pero además de tener cuidado, se requiere mucha firmeza, ya que son las orillas de las piezas, las que han de tener contacto directo con la piel del usuario y es importante que tengan tersura, y no filos o zonas que puedan llegar a raspar o irritar.

- Para lograr una máxima tersura en los costados de las piezas de los aparatos ortopédicos, es importante contar con las herramientas adecuadas, en este caso se usa un simple pelador de papas, que adecuándolo a esta función nos dará el acabado que requerimos.



Imagen del tratamiento de las orillas de las piezas de los aparatos ortopédicos, para darle más tersura en los costados, pero esto solo es el primer paso.

- Para la realización de las articulaciones y barras frontales, me tuve que sentar a diseñar, observando el trabajo que realizan las articulaciones que ya existen, así como el material del que están fabricadas, y creo que el diseño logrado, tiene algunas particularidades especiales, sencillez, durabilidad, funcionalidad y resistencia. En cuanto a las barras frontales, se necesitaba un nuevo diseño que creo que esta igualmente logrado como con las articulaciones, aunque no existen productos similares en el mercado hoy en día.



La forma orgánica que se propone, tiene una adaptación total a la pierna y con la ventaja de poder cambiar de tamaño y así hacer la férula **Mercurio** más grande.



- El proceso que se realiza para la colocación del recubrimiento es muy sencillo, ya que se coloca la película de pelite en el horno, por aproximadamente 15 minutos, después se coloca sobre el molde de yeso y se sujeta, tratando de que tome su forma, se corta con tijeras y se pega con pegamento Resistol 3080.



La colocación del pelite se lleva su tiempo, ya que es importante primero calentarlo 5 minutos en el horno a 180°, durante ese tiempo se aplica el pegamento, se deja secar por lo menos durante 10 minutos antes de comenzar a pegarlo y listo.

- Una de las piezas importantes, son los mecanismos que se usaran para la conformación, el soporte, así como el ajuste de toda la férula, formadas a partir de tuercas con reborde y recubiertas con la forma de polietileno inyectado permitiendo que pueda aflojarse y apretarse manualmente.

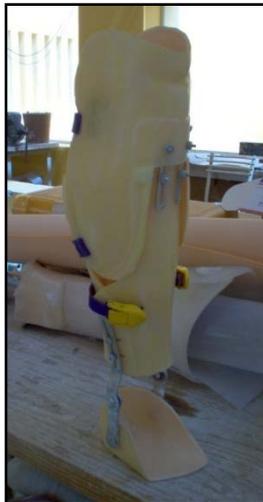


Las tuercas con reborde tienen por la parte de abajo una serie de estrías que evitan que se vayan aflojando con el movimiento, con cubierta de polietileno con esta forma no requieren ninguna herramienta para poder manipularse, en este caso, el retiro y la colocación de la férula, es muy sencilla ya sea para el usuario o para algún familiar.



- El armado total de la férula se hace manualmente, así que sin necesidad del uso de herramientas, le brinda mucho más factibilidad para que el mismo usuario la coloque durante su rehabilitación, teniendo en cuenta que si una férula no se puede sostener por si misma esta desequilibrada y no funcionaria.

aluminio, cinturones de trinquete, tornillos o tuercas con cubierta.



Aquí la imagen de la férula **Mercurio** terminada y lista para ser colocada en stock, habiendo demostrado ser un aparato funcional además de ser una propuesta con impacto.



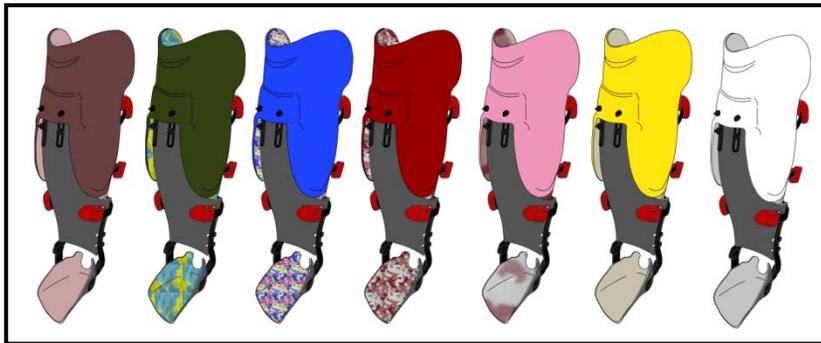
Férula **Mercurio** lista para la entrega.

- Así los usuarios se llevan colocada la férula **Mercurio**, sin embargo en caso de que requieran la reposición de alguna pieza, sería necesario que regresasen al INR, para que les coloquen una refacción, de herrajes de



### 3.5 Análisis estético de Mercurio

El análisis estético dentro de una institución como el INR es un tanto complejo, ya que su principal propósito es la de ayudar a rehabilitar a los pacientes, sin embargo, auxiliándonos del catalogo de lámina de polipropileno<sup>11</sup> y en el sistema de colores *Pantone*, presento algunas propuestas de colores, teniendo en cuenta el impacto psicológico que pueden llegar a tener en el usuario.



C.10

Se presentan algunas propuestas de color para la férula Mercurio, ya que el usuario podrá elegir la parte frontal superior de su predilección.

Se pretende que el color gris medio de la talonera, de la pieza frontal inferior y de la pieza trasera inferior, aporte

neutralidad visual, mientras en la parte frontal superior se proponen los colores: Marrón, Verde, azul, rojo, rosa, amarillo y blanco, de acuerdo a los colores propios del polipropileno comercial y que serán a libre elección del paciente.

Las piezas de Aluminio Anodizado<sup>12</sup> como las barras extensoras frontales y las articulaciones, son presentadas en color café o gris oscuro denotando seriedad y resistencia a las mismas:

El recubrimiento interno de pelite<sup>13</sup>, al ser fabricado en distintos colores y patrones, se pueden hacer muchas combinaciones.

El catalogo de polipropileno y los códigos de *Pantone* de cada propuesta están descritos en la página 99, Anexo 3, también es importante revisar cual sería el impacto psicológico de cada color en la nueva férula Mercurio.

<sup>11</sup> Se presenta en la página 99 dentro del Anexo 3

<sup>12</sup> Se presenta imagen de colores en página 102

<sup>13</sup> Se presentan algunos colores y/o patrones en página 100



## Psicología del Color<sup>14</sup>

Cada color ejerce sobre la persona que lo observa una triple acción:

- Impresiona al que lo percibe, por cuanto que el color se ve, y llama la atención.
- Tiene capacidad de expresión, porque cada color, al manifestarse, expresa un significado y provoca una reacción y una emoción.
- Construye, todo color posee un significado propio, y adquiere el valor de un símbolo, capaz por tanto de comunicar una idea. Los colores frecuentemente están asociados con estados de ánimo o emociones.

Los colores nos afectan psicológicamente y nos producen ciertas sensaciones.

Debemos dejar constancia que estas emociones, sensaciones asociadas corresponden a la cultura occidental, ya que en otras culturas, los mismos colores, pueden expresar sentimientos totalmente opuestos por ejemplo, en Japón y en la mayor parte de los países islámicos, el color blanco simboliza la muerte.

● **El Rojo:** Es el símbolo de la pasión ardiente y desbordada, de la sexualidad y el erotismo, aunque también del peligro. Es el más caliente de los colores cálidos. Es el color del fuego y de la sangre, de la vitalidad y la acción, ejerce una influencia poderosa sobre el humor y los impulsos de los seres humanos, produce calor. El aspecto negativo del rojo es que puede destapar actitudes agresivas.

● **El Anaranjado:** Representa la alegría, la juventud, el calor, el verano. Comparte con el rojo algunos aspectos siendo un color ardiente y brillante. Aumenta el optimismo, la seguridad, la confianza, el equilibrio, disminuye la fatiga y estimula el sistema respiratorio. Es ideal para utilizar en lugares donde la familia se reúne para conversar y disfrutar de la compañía.

● **El amarillo:** En muchas culturas, es el símbolo de la deidad y es el color más luminoso, más cálido, ardiente y expansivo, es el color de la luz del sol. Genera calor, provoca el buen humor y la alegría. Estimula la vista y actúa sobre el sistema nervioso. Está vinculado con la actividad mental y la inspiración creativa ya que despierta el intelecto y actúa como antifatiga. Los tonos amarillos calientes pueden calmar ciertos estados de excitación nerviosa, por eso se emplea este color en el tratamiento de la psiconeurosis.

<sup>14</sup> <http://www.xtec.es/~aromero8/acuarelas/psicologia.htm>



● **El Verde:** Simboliza la esperanza, la fecundidad, los bienes que han de venir, el deseo de vida eterna. Es un color sedante, hipnótico, anodino. Se le atribuyen virtudes como la de ser calmante y relajante, resultando eficaz en los casos de excitabilidad nerviosa, insomnio y fatiga, disminuyendo la presión sanguínea, baja el ritmo cardíaco, alivia neuralgias y jaquecas. Se utiliza para neutralizar los colores cálidos.

● **El Azul:** es el símbolo de la profundidad se le atribuyen efectos calmantes y se usa en ambientes que inviten al reposo. El azul es el más sobrio de los colores fríos, transmite seriedad, confianza y tranquilidad. Se le atribuye el poder para desintegrar las energías negativas. Favorece la paciencia la amabilidad y serenidad, aunque la sobreexposición al mismo produce fatiga o depresión. También se aconseja para equilibrar el uso de los colores cálidos.

● **El Púrpura:** Representa el misterio, se asocia con la intuición y la espiritualidad, influenciando emociones y humores. También es un color algo melancólico. Actúa sobre el corazón, disminuye la angustia, las fobias y el miedo. Agiliza el poder creativo. Por su elevado precio se convirtió en el color de la realeza.

● **El Blanco:** Su significado es asociado con la pureza, fe, con la paz. Alegría y pulcritud. En las culturas orientales simboliza la otra

vida, representa el amor divino, estimula la humildad y la imaginación creativa.

● **El Negro:** Tradicionalmente el negro se relaciona con la oscuridad, el dolor, la desesperación, la formalidad y solemnidad, la tristeza, la melancolía, la infelicidad y desventura, el enfado y la irritabilidad y puede representar lo que está escondido y velado. Es un color que también denota poder, misterio y el estilo. En nuestra cultura es también el color de la muerte y del luto, y se reserva para las misas de difuntos y el Viernes Santo.

● **El Gris:** Iguala todas las cosas y no influye en los otros colores. Puede expresar elegancia, respeto, desconsuelo, aburrimiento, vejez. Es un color neutro y en cierta forma sombrío. Ayuda a enfatizar los valores espirituales e intelectuales.

De acuerdo a las anteriores consideraciones respecto a la significación del color, se pretende que en esta variedad de colores que sean significativos para la aceptación del paciente haciendo que se disimule un poco la relación de aparato ortopédico, sirviendo como una prenda que se asocie más al gusto y necesidades del usuario.



### 3.6 Análisis funcional de Mercurio

La nueva férula **Mercurio**, al estar conformada como un sistema de rehabilitación post operatoria, ofrece adaptación para usuarios de distintos somatotipos tomando en cuenta al percentil 95 con altura de 1.85 m. y al percentil 5 con altura de 1.60 m., de acuerdo a estos y apoyándose del estudio antropométrico que se presento en la página 38, se considero incluir algunas imágenes de la férula colocada en distintos usuarios de distintas tallas y con distinto calzado, ya que dentro de este rango, se cubrirá la mayor parte de la población a la que está dirigida.



C.11 Hombre usando **Mercurio** sin calzado, con calzado y detalle del funcionamiento

Sexo: Masculino  
Altura: 1.79 m.  
Peso: 89 kg.  
Talla del pie: 8.5

Logrando así un aparato ortopédico post-operatorio de rehabilitación de las fracturas de tibia-peroné versátil y donde el factor de funcionamiento sea solo la altura del usuario.

En las imágenes C.11 y C.12 se ponen los datos de los usuarios:

- Sexo.
- Altura.
- Peso.
- Talla de pie.



C.12 Mujer usando **Mercurio** sin calzado, con calzado y detalle del funcionamiento

Sexo: Femenino  
Altura: 1.60 m.  
Peso: 70 kg.  
Talla del pie: 3.5



### 3.7 Preparación antes de la colocación

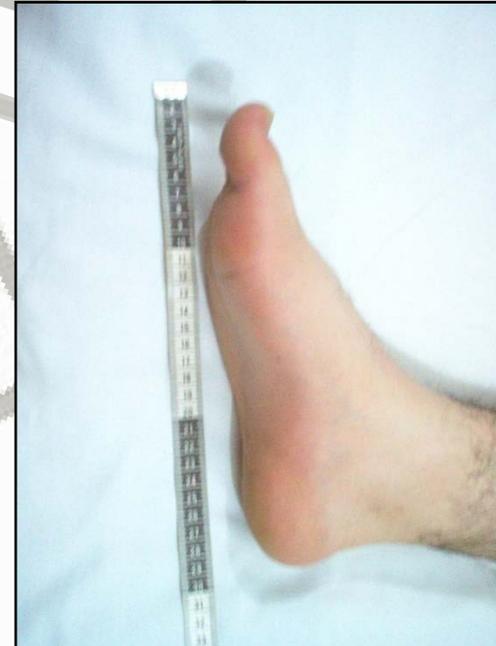
En primer lugar, se realiza la toma de medidas para posibles candidatos a usar la nueva férula **Mercurio**



Longitud



Contorno



Largo del pie

En caso de que el usuario no sea candidato a usar esta órtesis, se le darán otras opciones de rehabilitación como otro tipo de aparatos o férulas más enfocadas al problema particular del paciente..



### 3.8 Instructivo gráfico para la colocación de **Mercurio**

Para la correcta colocación de la nueva férula **Mercurio**, se debe seguir la siguiente secuencia de pasos, para tener un óptimo funcionamiento y no lastimar al usuario, a través de las fotografías se hace sugerente la forma y el cuidado que se debe tener, tanto la persona que lo coloca o el mismo usuario.



1 Traer la férula **Mercurio** del stock



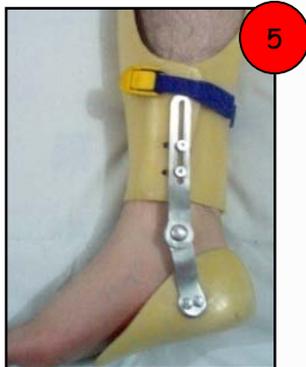
2 Desarmar la férula



3 Colocar las partes traseras (2)



4 Colocar la parte frontal inferior



5 Asegurar las tuercas



6 Verificar la parte frontal superior



7 Colocarla y cerrar los cinturones



8 Verificar y calzar al usuario



### 3.9 Mantenimiento de la férula **Mercurio**<sup>15</sup>

La limpieza en este tipo de aparatos es fundamental ya que además de estar expuestos a la absorción de sudor, existe la posibilidad de que al quedar otro tipo de fluido y se produzca alguna infección en el usuario.

El mantenimiento de la férula **Mercurio**, una vez que es devuelta por el usuario, se realiza completamente en solo unos cuantos pasos por personal técnico del INR:

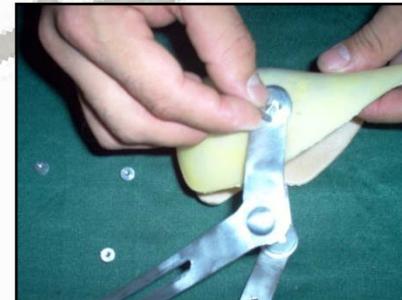
- 1º Desarmado general de las piezas.
- 2º Lavado con agua y con jabón.
- 3º Separación del pelite con un poco de thinner y espátula.
- 4º Desinfectado de las piezas, posiblemente con benzal.
- 5º Termoformado del nuevo recubrimiento interno.
- 6º Pegado del recubrimiento en cada una de las piezas.
- 7º Revisión de los dispositivos de ajuste, mecanismos de trinquete.
- 8º Revisión de las piezas de aluminio, articulaciones y barras extensoras.
- 9º Armado total de la pieza y puesta en stock nuevamente.

Paso 1



Separado total del recubrimiento interno de las piezas de la férula **Mercurio** por medio de thinner y estopa.

Paso 2

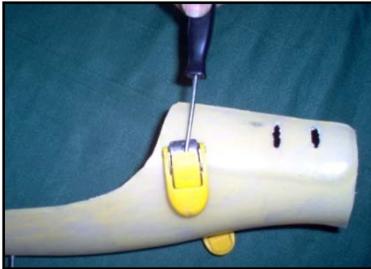


Revisión del estado de los tornillos y articulaciones, reemplazando en caso de ser necesario.

<sup>15</sup>Todas las fotografías tomadas durante el mantenimiento de la férula **Mercurio**



### Paso 3



Revisión de los mecanismos de trinquete –reemplazando en caso de ser detectado algún desgaste inusual.

### Paso 4



Pegado de una nueva capa de pelite con pegamento de pegamento Resistol 3080.

### Paso 5



Después de volver a armarla, la nueva férula, ya está lista para ir nuevamente al stock y ser útil para el próximo paciente que la requiera.



### 3.10 Costos

#### Análisis de costos directos para la fabricación de la férula **Mercurio**

Se presentan los costos de los materiales de la nueva férula **Mercurio**, al mismo tiempo de la cantidad de material que se usa por cada férula, dando a conocer gastos totales y por unidad y siendo éstos los costos directos.

Material	Material requerido	Precio unitario	Precio total de la unidad completa
Hoja de polipropileno de 122 x 244 cm. de 3/16"	La mitad de la hoja	\$ 958.00	\$ 479.00
Hoja de pelite de 1050 por 1050 mm. 3/16"	Una hoja	\$ 425.00	\$ 425.00
Pernos de aluminio de 1/4"	2 pernos	\$ 0.50	\$ 1.00
Solera de aluminio de 220 por 2.5 cm. Por 1/4 "	1/4 de solera	\$ 50.00	\$ 5.00
Horas hombre	8 horas por unidad	\$ 58.00 por hora	\$ 464.00
Electricidad del horno Otto Bock	Por hora	\$ 0.7995	\$ 2.40
Costos directos totales		\$ 1442.30	\$ 1376.40

Las cantidades de material se hacen al prorrateo con base a la experiencia de los técnicos ortesistas del INR

Los resultados parecieran muy elevados, pero teniendo en cuenta que las férulas serán usadas hasta 4 veces al año y que el mantenimiento solo será en la separación del pelite y en la colocación de uno nuevo, lo que traerá un ahorro por unidad de casi el 75%, y así el Instituto Nacional de Rehabilitación podrá invertir esos recursos en otras necesidades o como apoyo a las familias de escasos ingresos.

### 3.11 Mercado y patente

**Mercurio** al ser un diseño innovador que sobre todo busca optimizar el proceso de manufactura de férulas para fracturas de tibia-peroné y por ende, satisfacer las necesidades del usuario minimizando el tiempo de espera y mejorando la fase de rehabilitación, éste producto de mi tesis, se concibe como una propuesta competitiva en el mercado de aparatos ortopédicos de rehabilitación, por ello, es necesario aclarar la cualidad por excelencia de buscar convertirse en un producto de patente manejable, adaptable y libre de penalización por su uso. Ante esto, el concepto que desarrollo a continuación, viene a sustentar mi querrela y a promover precisamente el uso de mi patente.

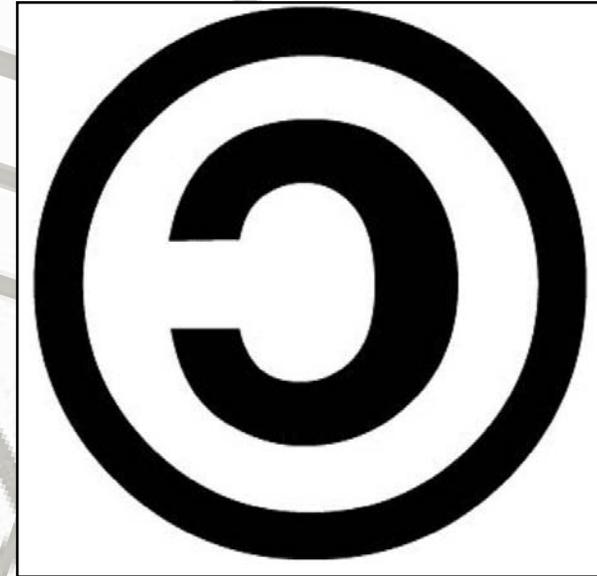


### **Copyleft (por oposición a copyright)**

“Comprende a un grupo de derechos de autor caracterizados por eliminar las restricciones de distribución o modificación impuestas por el copyright, con la condición de que el trabajo derivado se mantenga con el mismo régimen de derechos de autor que el original.

Bajo tales licencias pueden protegerse una gran diversidad de obras, tales como programas informáticos, arte, cultura y ciencia, es decir prácticamente casi cualquier tipo de producción creativa.

Sus partidarios la proponen como alternativa a las restricciones que imponen las normas planteadas en los derechos de autor, a la hora de hacer, modificar y distribuir copias de una obra determinada. Se pretende garantizar así una mayor libertad para que cada receptor de una copia, o una versión derivada de un trabajo, pueda, a su vez, usar, modificar y redistribuir tanto el propio trabajo como las versiones derivadas del mismo. Así, y en un entorno no legal, puede considerarse como opuesto al copyright o derechos de autor tradicionales.”<sup>16</sup>



C.13

Símbolo de Copyleft, una letra C invertida, significa “sin reconocimiento legal”

<sup>16</sup>González. Verónica (1996); PuntoyComa No. 61 en [http://ec.europa.eu/translation/bulletins/puntoycoma/98/pyc982\\_es.htm#fn1](http://ec.europa.eu/translation/bulletins/puntoycoma/98/pyc982_es.htm#fn1)



## Métodos de aplicación

“La práctica habitual para conseguir este objetivo de explotación sin trabas, copia y distribución de una creación o de un trabajo (y sus derivados) es la de ofrecerlo junto con una licencia o contrato. Esta debería estipular que cada propietario de una copia del trabajo pudiera:

1. usarla sin ninguna limitación.
2. (re)distribuir cuantas copias desee, y
3. modificarla de la manera que crea conveniente.

Estas tres libertades básicas, sin embargo, no son suficientes aún para asegurar que una obra derivada sea distribuida bajo las mismas condiciones no restrictivas: con este fin, la licencia debe asegurar que el propietario del trabajo derivado lo distribuirá bajo el mismo tipo de licencia.

Otras condiciones de licencia adicionales que podrían evitar posibles impedimentos a las tres libertades básicas anteriores son:

- Las condiciones de la licencia copyleft no pueden ser revocadas;
- El trabajo y sus derivados son siempre puestos a disposición de manera que se facilite su modificación. Por ejemplo, en el software, esta facilidad suele

asociarse a la disponibilidad del código fuente, donde incluso la compilación de dicho código debería permitirse sin ninguna clase de impedimento.

- Idear un sistema más o menos obligatorio para documentar adecuadamente la creación y sus modificaciones, por medio de manuales de usuario, descripciones, etc.

En la práctica, para que estas licencias copyleft tuvieran algún tipo de efecto, necesitarían hacer un uso creativo de las reglas y leyes que rigen los derechos de autor, *p.e.*, cuando nos referimos a las leyes del copyright (que es el caso más común), todas las personas que de alguna manera han contribuido al trabajo con copyleft se convertirían en (co) titulares de los derechos de autor, pero, al mismo tiempo, si nos atenemos a la licencia, también renunciarían deliberadamente a algunos de los derechos que normalmente se derivan de los derechos de autor, por ejemplo, el derecho a ser el único distribuidor de las copias del trabajo.”



### **Propuesta de préstamo de la férula *Mercurio***

La propuesta es básicamente la creación de una comisión que se haga cargo del préstamo de aparatos de rehabilitación, como la nueva férula **Mercurio** que al ser un sistema de piezas totalmente intercambiables y con la posibilidad de mantenimiento y reutilización.

Los aparatos de rehabilitación, que se aplican en casos totalmente curables, tienen un uso continuo de 2 a 3 meses, que una vez que reciben el tratamiento de manutención, son completamente reutilizables sin riesgo a contraer alguna infección, así mismo como el usuario tiene la seguridad de usar un producto aséptico y de calidad.

El sistema de préstamo debe consistir en la voluntad de las autoridades del Instituto Nacional de Rehabilitación, los inversionistas privados y sobre todo de los usuarios que, conscientes de los recursos con los que cuenta la institución, estarán más que obligados a devolver los aparatos, así como a pagar solo un pequeño porcentaje del costo del mismo por concepto de mantenimiento.



- Vistas generales

- Cortes

- Despiece:

- Pieza frontal superior
- Pieza frontal inferior
- Pieza trasera inferior
- Talonera
- Barra frontal
- Cubierta de tuerca
- Articulación A
- Articulación B

- Vista auxiliar A

- Vista auxiliar B

- Vista auxiliar C

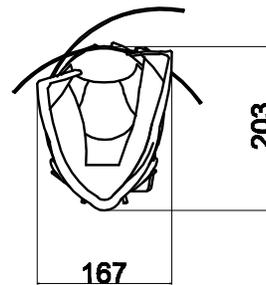
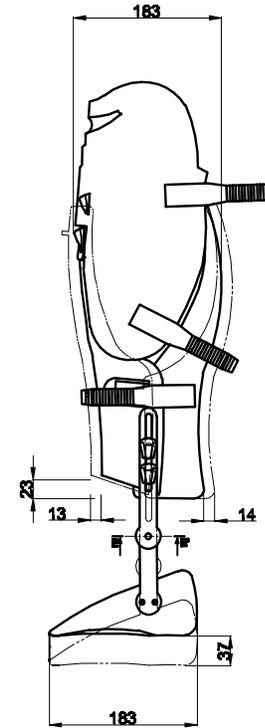
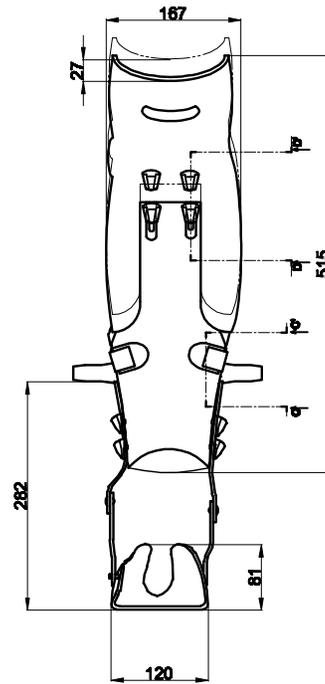
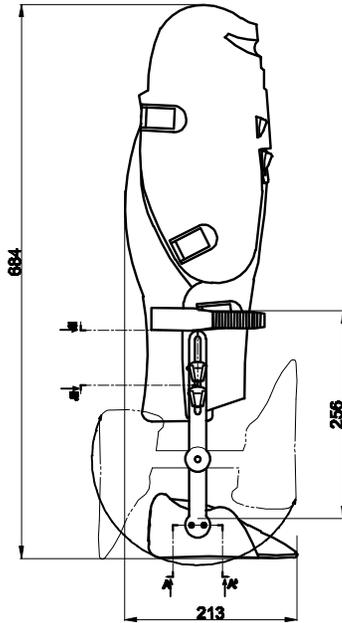
- Vista auxiliar D

- Isométrico y explosiva



# Planos técnicos de Mercurio

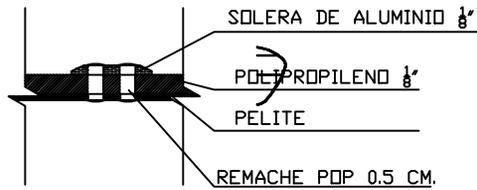
# Planos de la férula Mercurio



FES Aragón UNAM Diseño Industrial	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Isidro	plano <b>A-2</b>
PROYECTO: MERCURIO	
escalas: mm. escala 1:10	
FECHA: 27/Oct/2010	
NOMBRE DEL PLANO: Vistas generales de Mercurio	

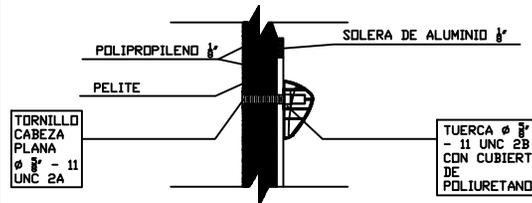


CORTE A-A'



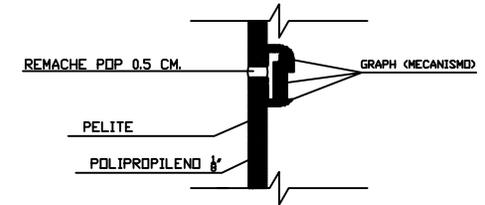
Detalle de talonera con articulación

CORTE B-B'



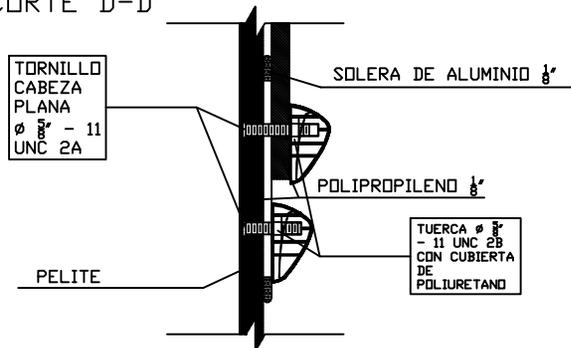
Articulación con piezas frontal y trasera inferiores

CORTE C-C'



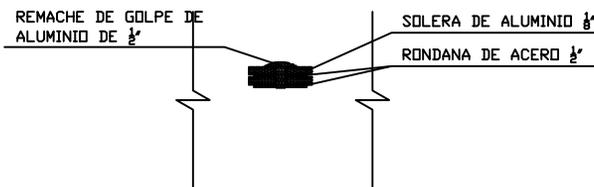
Detalle de graph del sistema de trinquete

CORTE D-D'



Detalle de barras frontales con cubiertas de poliuretano

CORTE E-E'



Detalle de mecanismo de la articulación

FES Aragón UNAM Diseño Industrial

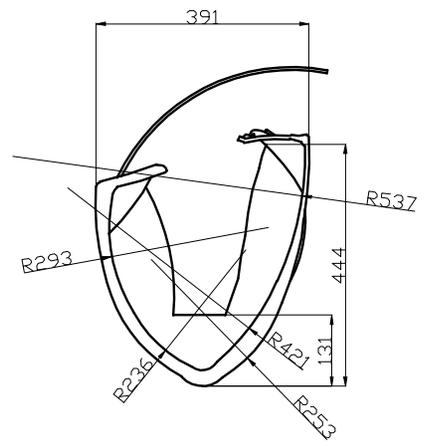
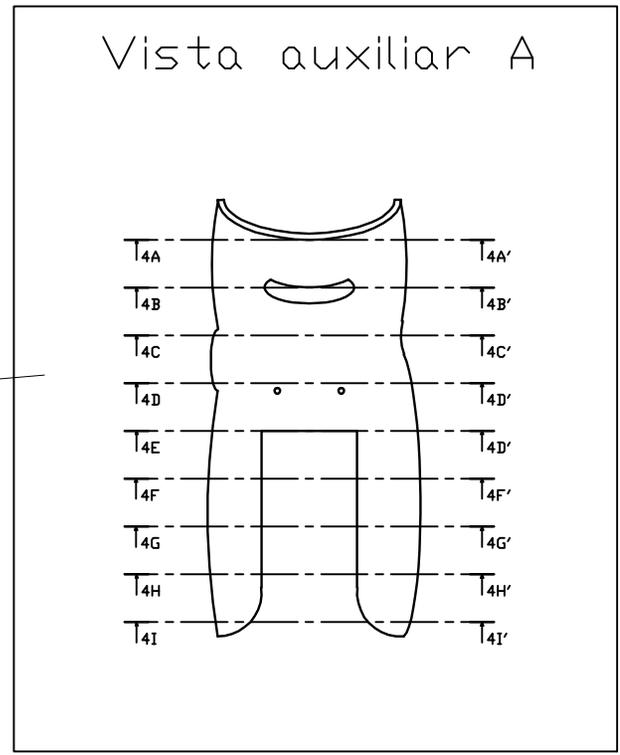
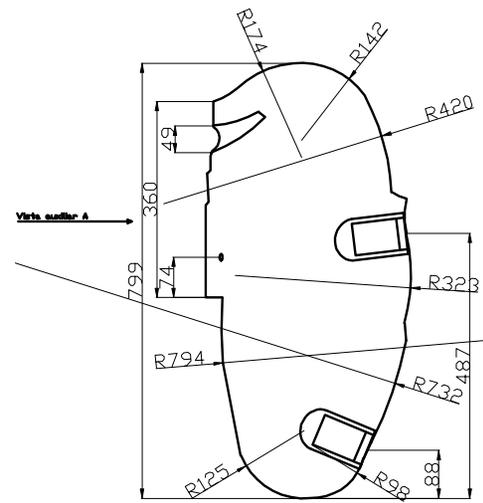
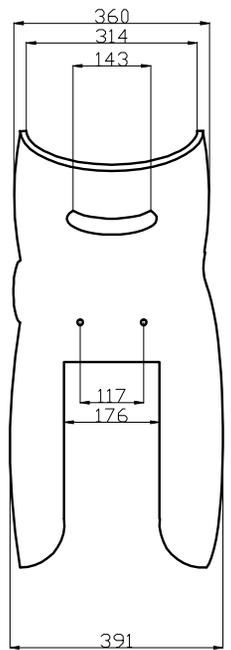
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Isales

PROYECTO: MERCURIO

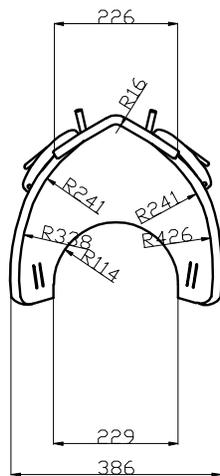
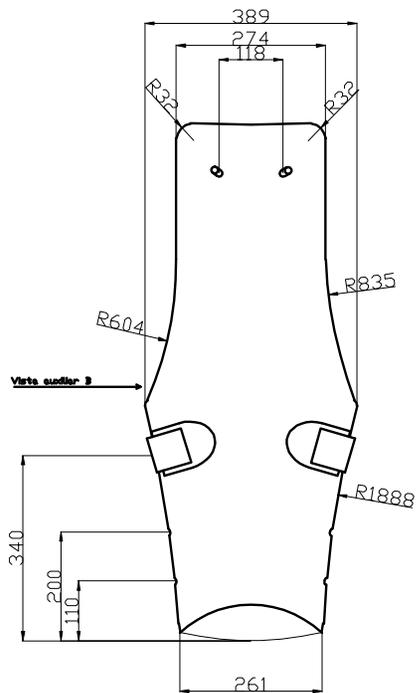
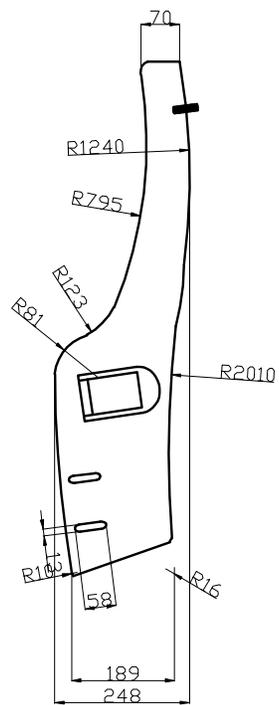
FECHA DE ENTREGA: 27/Oct/2010

NOMBRE DEL PLANO: Vista de los cortes de Mercurio

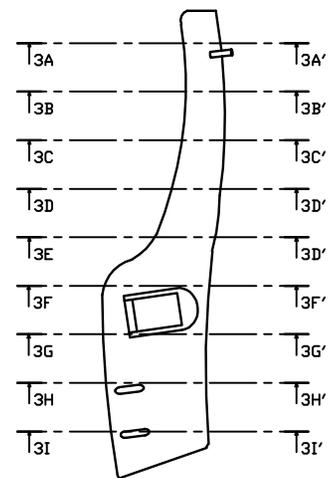
plano  
**A-2**



<b>FES Aragón UNAM Diseño Industrial</b>	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indio	plano
PROYECTO: MERCURIO	<b>A-2</b>
Fecha: 27/Oct/2010	escala: 1:10
NOMBRE DEL PLANO: Despiece, pieza frontal superior	



### Vista auxiliar B



FES Aragón UNAM Diseño Industrial

PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indio

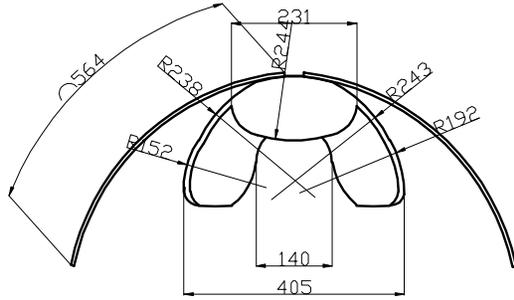
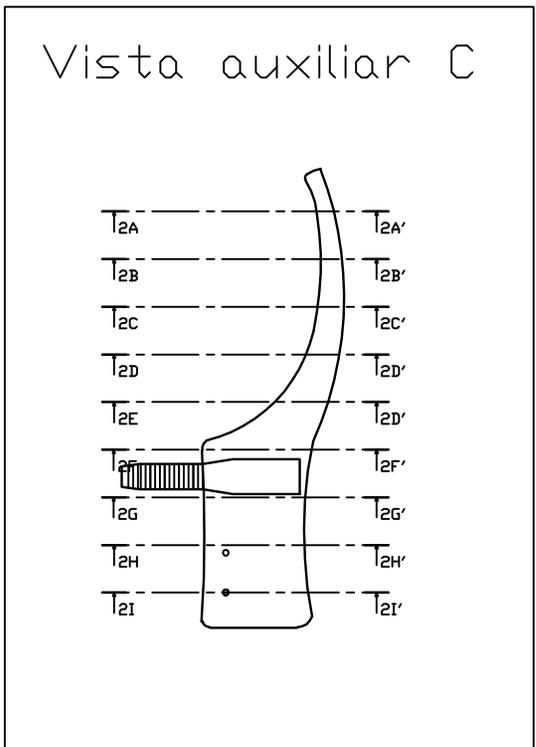
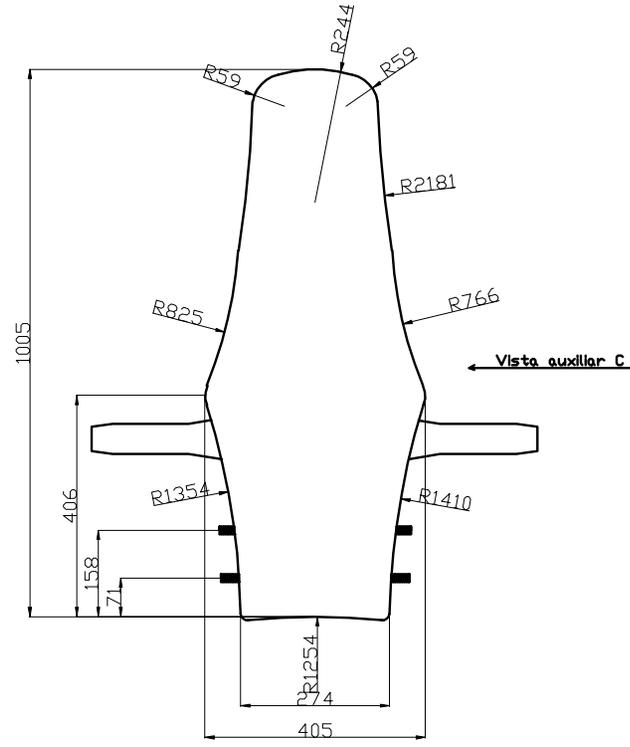
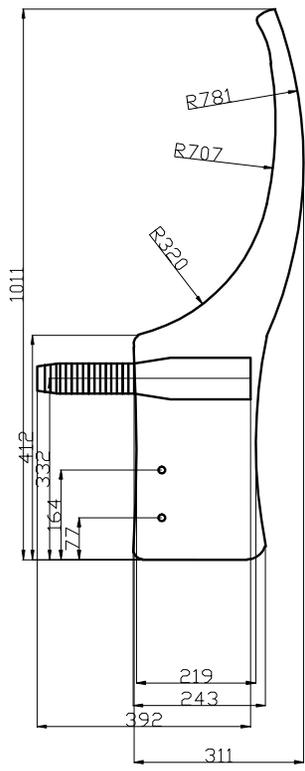
PROYECTO: MERCURIO

Fecha: 27/Oct/2010  
escala: 1:10

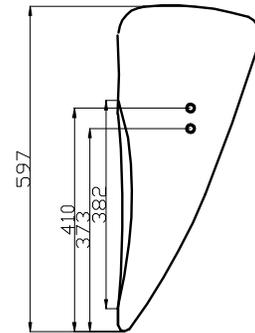
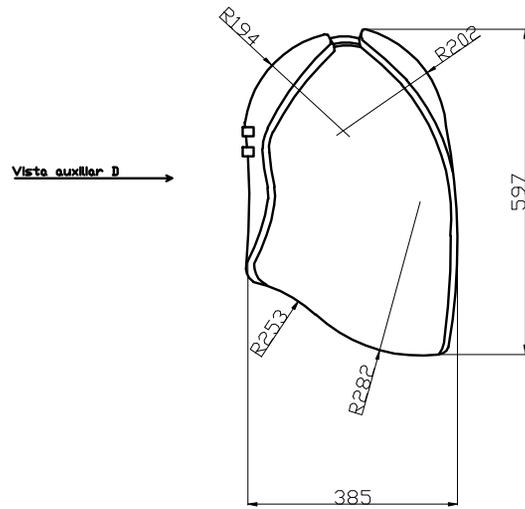
NOMBRE DEL PLANO: Despiece, pieza frontal inferior

plano

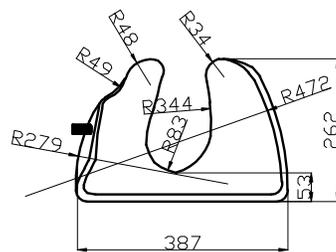
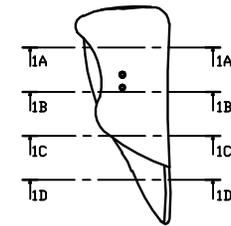
A-2



<b>FES Aragón UNAM Diseño Industrial</b>	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indio	plano
PROYECTO: MERCURIO	<b>A-2</b>
FECHA: 27/Oct/2010	
NOMBRE DEL PLANO: Despiece, pieza trasera inferior	



Vista auxiliar D



FES Aragón UNAM Diseño Industrial

PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Isidro

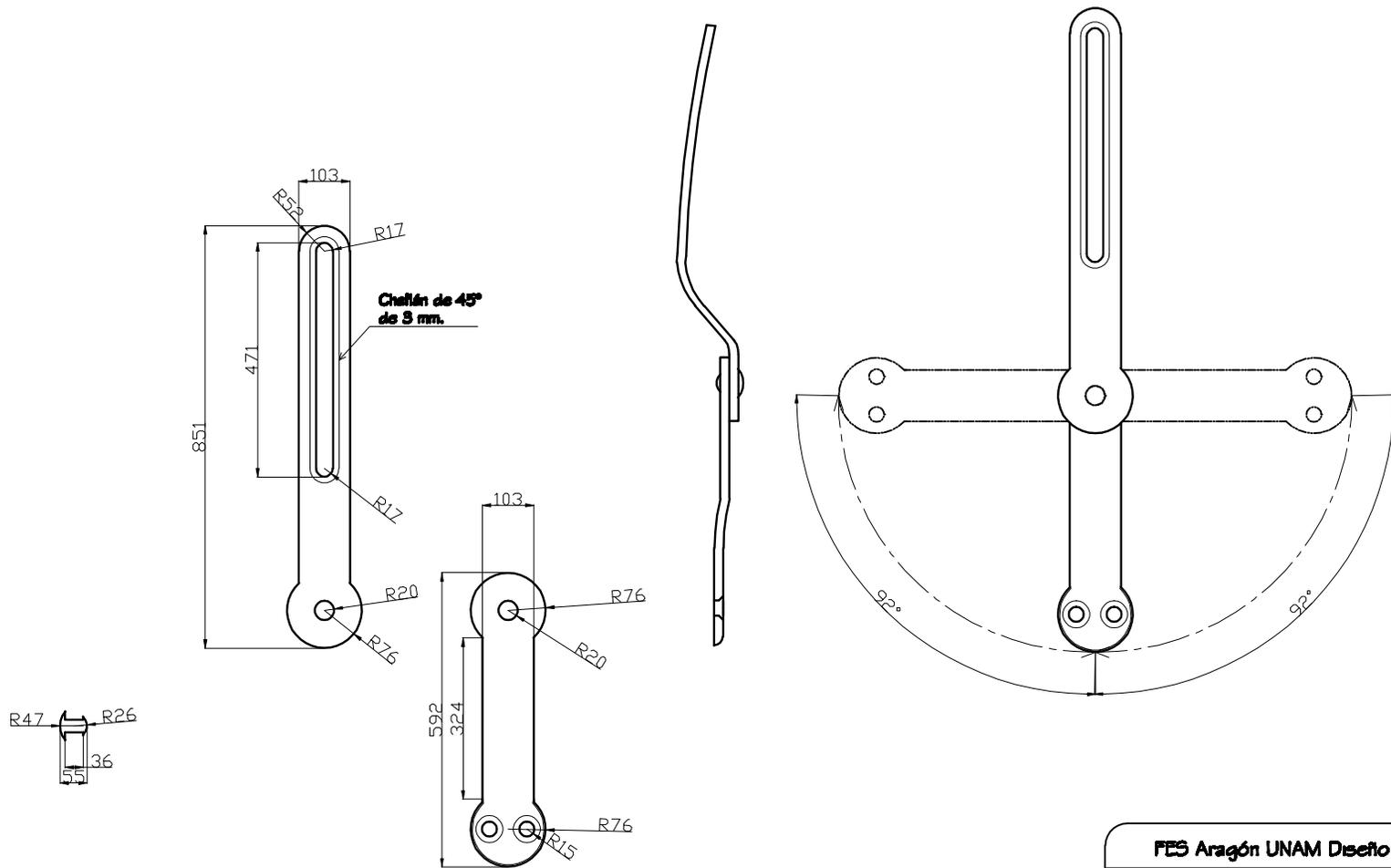
PROYECTO: MERCURIO

Fecha de entrega: 27/Oct/2010  
escala: 1:10

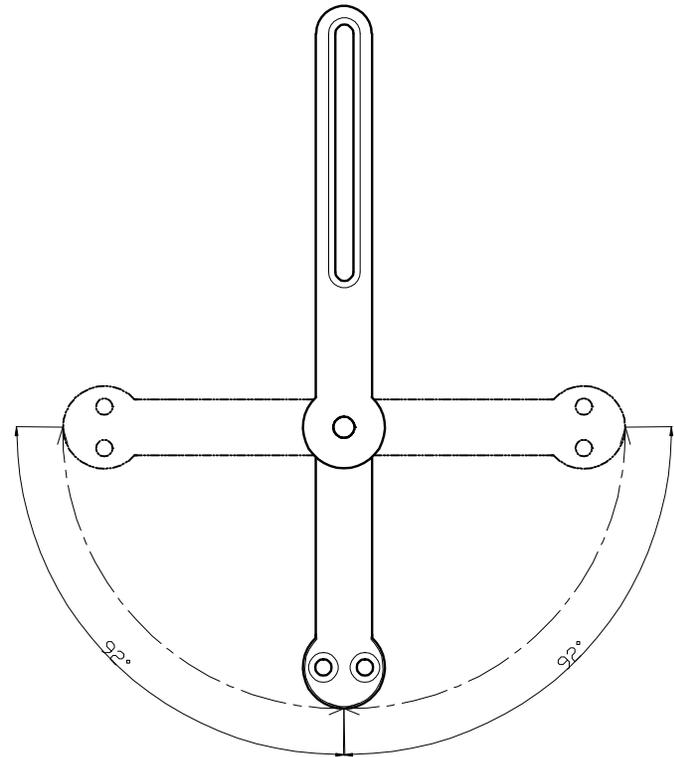
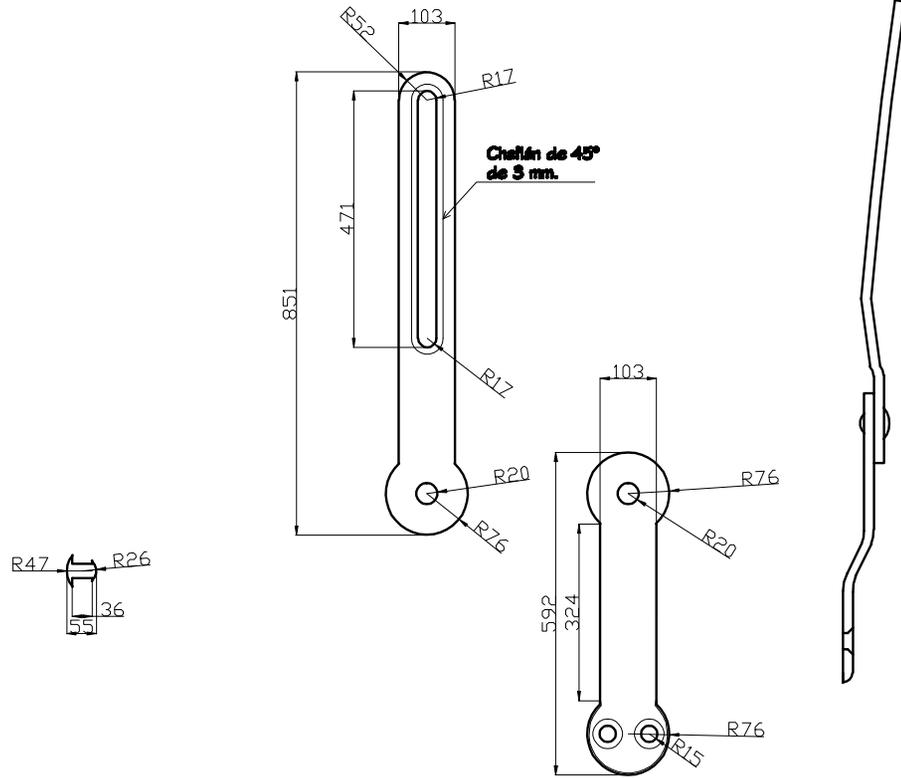
NOMBRE DEL PLANO: Despiece talonera

plano

A-2



FES Aragón UNAM Diseño Industrial	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Ismael	plano
PROYECTO: MERCURIO	A-2
Fecha: 27/Oct/2010 escala: 1:10	
NOMBRE DEL PLANO: Despiece, Articulación A	



FES Aragón UNAM Diseño Industrial

PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indio

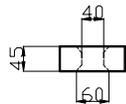
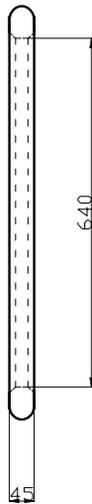
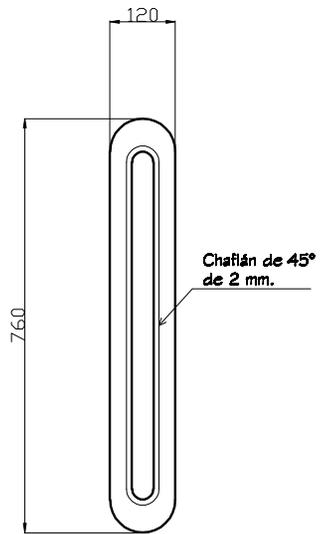
plano

PROYECTO: MERCURIO

A-2

Fecha: 27/Oct/2010  
escala: 1:10

NOMBRE DEL PLANO: Despiece, Articulación B



FES Aragón UNAM Diseño Industrial

PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indira

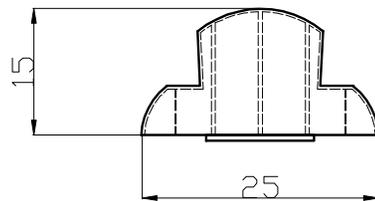
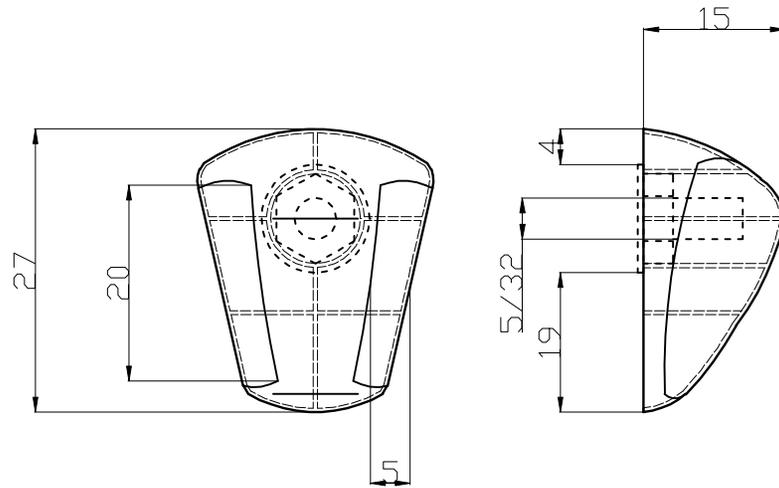
PROYECTO: MERCURIO

Fecha de entrega: 27/Oct/2010  
escala: 1:1

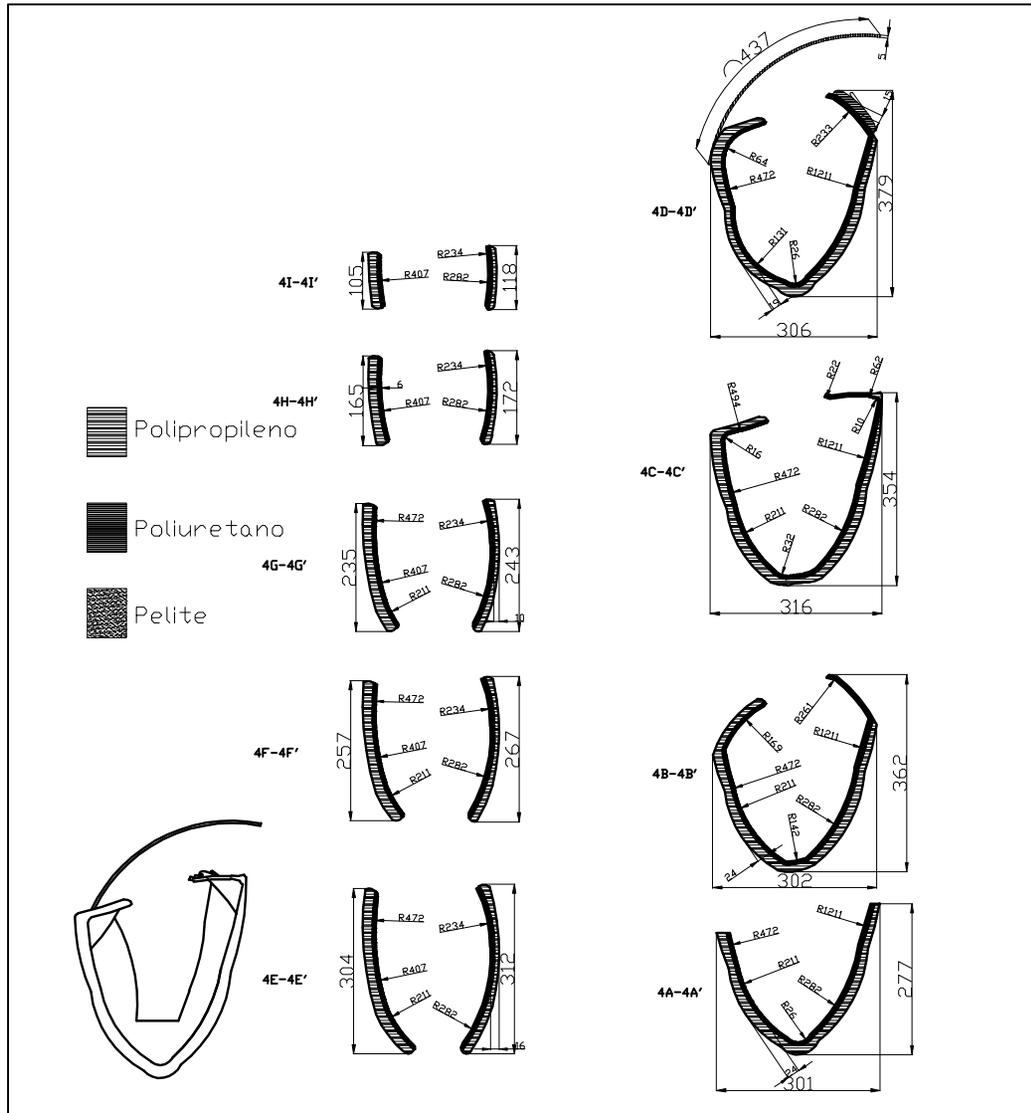
NOMBRE DEL PLANO: Barra frontal exteriora (2)

plano

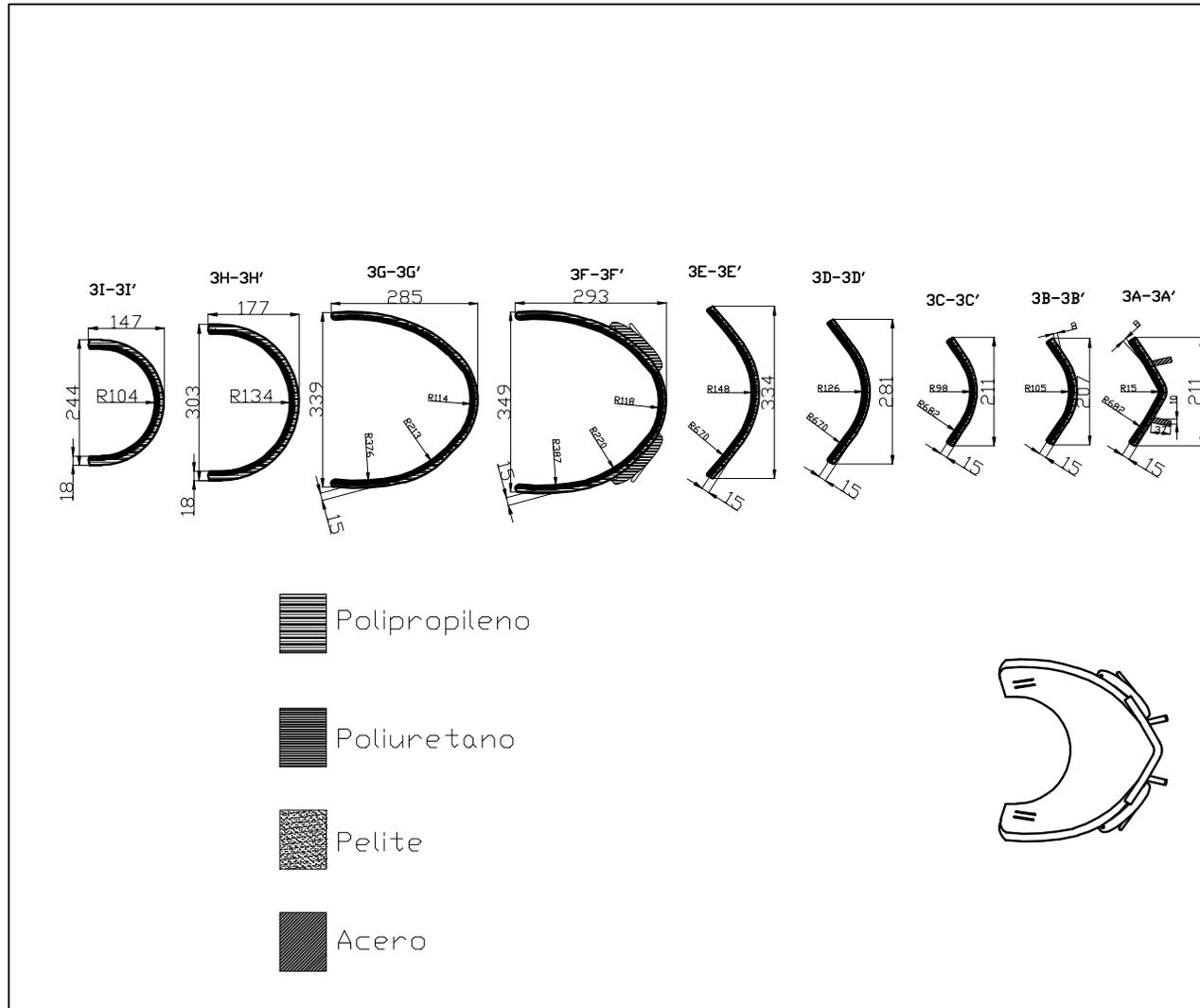
A-2



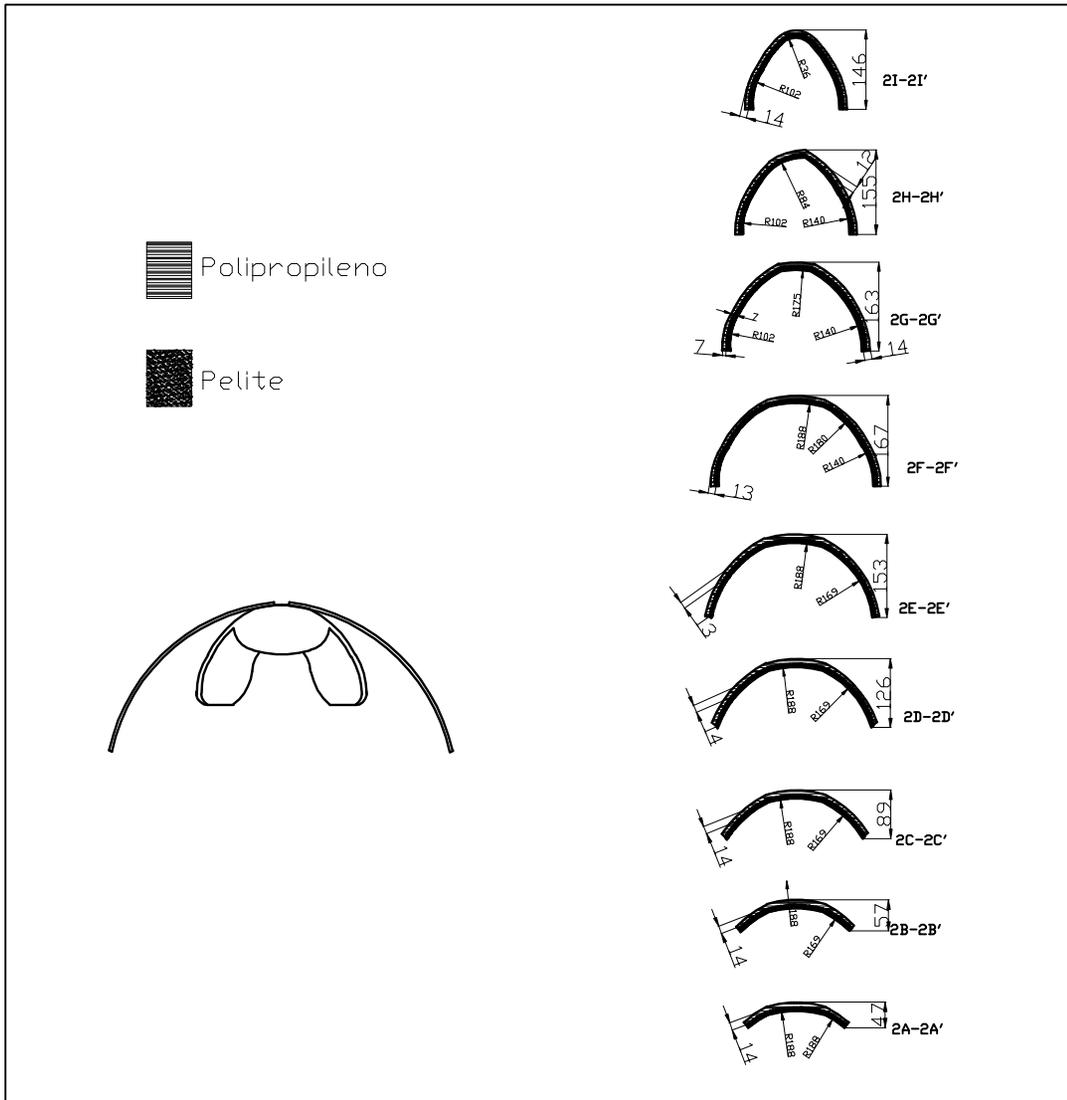
<b>FES Aragón UNAM Diseño Industrial</b>	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Indira	plano
PROYECTO: MERCURIO	<b>A-2</b>
Fecha: 27/Oct/2010 escala: 1:1	
NOMBRE DEL PLANO: Despiece, Córsete de polietileno de alta densidad FESD o HDPE	



<b>FES Aragón UNAM Diseño Industrial</b>	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Isela	plano <b>A-2</b>
PROYECTO: MERCURIO	
FECHAS: 27/Oct/2010	
HOMBRE DEL PLANO: Plaza Frontal Superior Cortes de la Vista Auxiliar A	



<b>FES Aragón UNAM Diseño Industrial</b>	
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Isela	plano <b>A-2</b>
PROYECTO: MERCURIO	
FECHAS: 27/Oct/2010 escala 1:10	
NOMBRE DEL PLANO: Plaza Frontal Superior Cortes de la Vista Auxiliar 8	



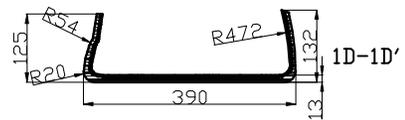
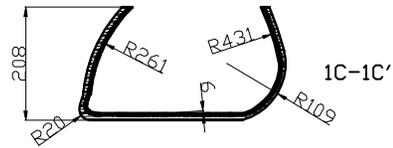
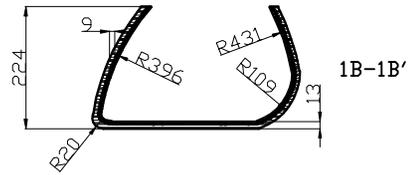
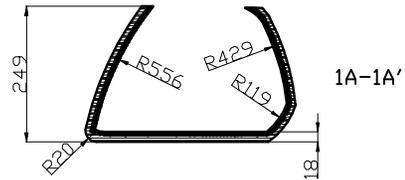
FES Aragón UNAM Diseño Industrial		plano <b>A-2</b>
PROPIETARIO:	Del Río Martínez Oscar Isela	
PROYECTO:	MERCURIO	
FECHA DE EMISIÓN:	27/Oct/2010	
NOMBRE DEL PLANO:		Plaza Frontal Superior Cortes de la Vista Auxiliar C



Polipropileno



Pelite



FES Aragón UNAM Diseño Industrial

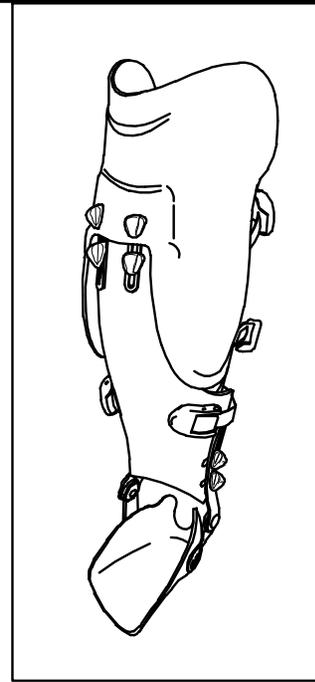
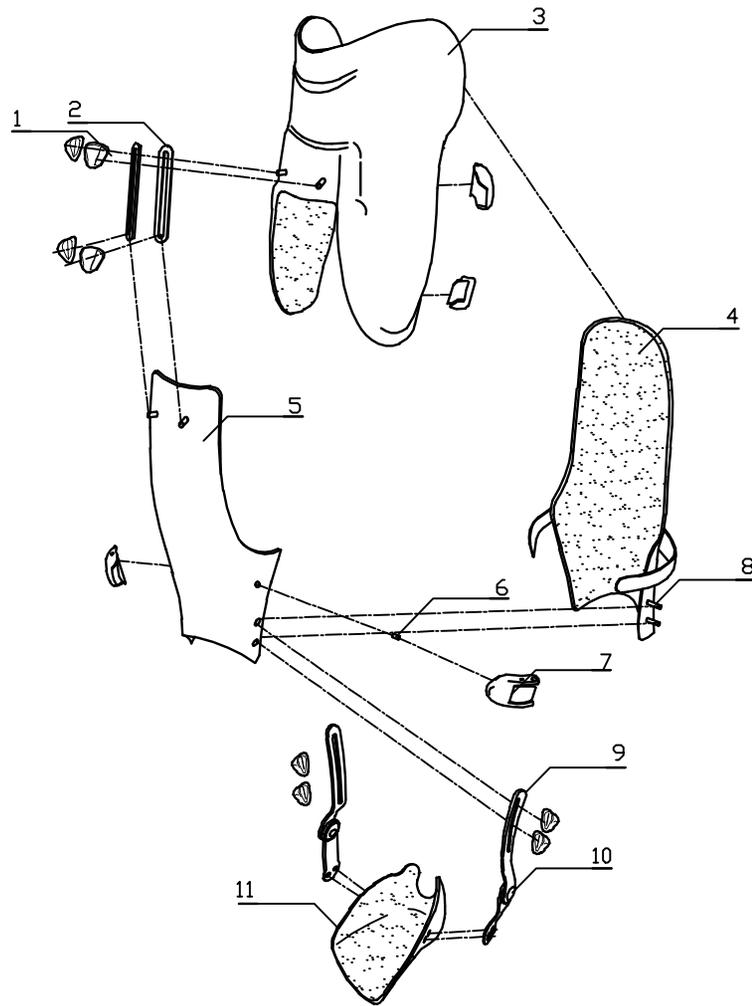
PROPIETARIO: Del Río Martínez Oscar Ismael

PROYECTO: MERCURIO

FECHA DE EMISIÓN: 27/Oct/2010  
ESCALA: 1:10

NOMBRE DEL PLANO:

Plano  
A-2  
Pieza Frontal Superior  
Cortes de la Vista Auxiliar D



Item	Quantity	Material	Description
11 Talonera	1	Poliuretano	Termoformado y con cubierta interna de pelite de 1/4"
10 Renaches de golpe	2	Aluminio	Fijados por medio de un barrenado y por medio de golpe
9 Articulaciones	2	Aluminio	Barrenado y alisado por medio de fresas
8 Tornillos	8	Acero galvanizado	Cabeza plana # 1/4" - 11 UNC 2A
7 Grapas 3/8" x 1/4"	4	Poliuretano	Comercial y fijado con renaches pop
6 Renaches pop 1/4"	8	Aluminio	Comercial
5 Pieza frontal inferior	1	Poliuretano	Termoformado y con cubierta interna de pelite de 1/4"
4 Pieza trasera	1	Poliuretano	Termoformado y con cubierta interna de pelite de 1/4"
3 Pieza frontal superior	1	Poliuretano	Termoformado y con cubierta interna de pelite de 1/4"
2 Barras frontales	2	Aluminio	Barrenado y alisado por medio de fresas
1 Tuercas de reborde 5/32	8	Acero inoxidable	Cubiertas por una pieza de inyección de poliuretano
8 Nombre de la pieza	1	Material	Observaciones

Lista maestra de partes

**FES Aragón UNAM Diseño Industrial**

PROPIETARIO: Dal Rio Martínez Oscar Ismael

PROYECTO: **MERCURIO**

FECHA: 27/Oct/2010

NOMBRE DEL PLANO: **Isométrico y explosiva a 45º**

PLANO

**A-2**



## Conclusiones generales

Las aplicaciones del Diseño Industrial como disciplina de creación y transformación, posee enormes alcances, asimismo, mi formación profesional y en particular, fragmentos de mi historia de vida, me llevaron a dirigir la aplicación de mi profesión hacia el campo de la medicina, específicamente, en la rehabilitación.

Gracias al acercamiento que he tenido con instituciones como el INR, me permití observar las necesidades reales a las que se enfrentan los sujetos que sufren un padecimiento que los lleva a la convalecencia. Por ello, la propuesta que representa el cierre de mi tesis, se exhibe como un diseño que puede asegurar los avances logrados en cuanto a la versatilidad y la velocidad para llevar a cabo una de las etapas de la rehabilitación de las fracturas, así como en cuanto al ahorro de materiales como fomentando una cultura real de la reutilización de este tipo de aparatos.

Enfrentarse al personal de una institución como el Instituto Nacional de Rehabilitación, que representa la vanguardia ortopédica a nivel Latinoamérica, con los conocimientos básicos de la medicina del trabajo (ergonomía) represento un

doble esfuerzo, ya que aunque durante todo el proceso de la realización del prototipo de **Mercurio** y estando siempre orientado y dirigido por personal autorizado y bastante experimentado del laboratorio de órtesis y prótesis, pudiéndome dar cuenta de todas las carencias de las que de una u otra forma padecí al no tener una preparación más completa en cuanto al conocimiento del sistema nervioso, en cuanto a la composición de los huesos y la recuperación de los mismos, la formación del diseñador industrial ofrece un catálogo formativo que en situaciones reales es solo un fragmento de éstas, lo cual demanda de esta disciplina mayor amplitud en su plan de estudios, en este caso la ortopedia, existiendo momentos en los que se tuvieron más errores que aciertos, poco a poco y con bastante trabajo fue que se obtuvo un aprendizaje mayor y aplicando esos conocimientos para el correcto desarrollo de un producto con tal impacto, tanto en la rehabilitación de fracturas como el inicio de una nueva corriente de diseño de aparatos ortopédicos.

Primeramente al tener aparatos dispuestos para que su uso sea casi de inmediato, para que el paciente pueda comenzar la siguiente etapa de rehabilitación.



En segundo lugar, es importante saber que los materiales de los que están fabricados este tipo de aparatos son, en su mayoría, de muy difícil biodegradación, así que al proponer la posibilidad de reutilización, estamos poniendo la pauta para el diseño inteligente, pensando en el futuro de nuestro mundo. Los alcances que ofrece el diseño de una férula a partir de materiales reutilizables, no sólo supone un impacto amplísimo en el uso de los recursos naturales a nivel internacional, sino que además, ofrece la posibilidad de establecer una plataforma económica de autosustentabilidad en la que la inversión del costo total de la férula se recupera casi de forma automática, aunque es a mediano plazo pero de mínimo mantenimiento en términos económicos y ecológicos, **Mercurio** se presenta como una opción más competitiva.

En el terreno de aparatos de rehabilitación, podemos pensar en una serie de soluciones mucho más versátiles, teniendo en cuenta que si ésta surgió a partir de un estudio antropométrico, entonces el proceso como tal de fabricación de una férula puede ser aplicado para el tratamiento de cualquier extremidad, pues la única variante representativa, es la divergencia en cuestión de tallas y flexión (es decir, movimiento de la extremidad) a rehabilitar por tanto, el ajuste no representa

más que una nueva toma de medidas y un diseño en función de la movilidad de la extremidad.

La patente de **Mercurio** se presenta de manera libre bajo los términos que rigen Copyleft, por tanto, es posible:

- Usarla sin ninguna limitación
- Distribuir cuantas se deseen
- Y, modificarla de la manera que se crea conveniente

Ya que su diseño ha sido donado para el uso del INR y todos los pacientes, que por su afección, sean candidatos a usarla.

A futuro se espera que, dentro de la comunidad de los diseñadores industriales desarrollen mas propuestas sobre el campo de la ortopedia, logrando ofrecer soluciones para el tratamiento de padecimientos en los sujetos de forma eficaz, funcional, a bajo costo y a través de diseños inteligentes, como lo que para el motivo de esta tesis, representa **Mercurio**.



Bibliografía por capítulo

Índice de imágenes

Glosario de términos

# Los etcéteras

Anexos

1-Estudio antropométrico

2-Resistencia de materiales

3-Tablas de materiales

## **Etcétera.**

(Del lat. et cetĕra, y lo demás).

1. expr. U. para sustituir el resto de una exposición o enumeración que se sobreentiende o que no interesa expresar. Se emplea generalmente en la abreviatura etc. U. t. c. s. m.

*Real Academia Española © Todos los derechos reservados*



## Fuentes Bibliográficas

### Bibliografía y páginas de internet consultadas

#### Capítulo 1

- Diccionario Enciclopédico Gran Biblioteca Océano (2003); Anatomía; Barcelona: España; Tomo 9.
- Higashida, Bertha (1999); *Sistema Nervioso* en Ciencias de la Salud; México: McGraw Hill.
- Osborne, David J. (1999); *Estructura del cuerpo: El tamaño y movimiento del cuerpo* en Ergonomía en acción; México: Trillas.
- Plas F., Viel, E. y Blanc Y. (1996); La marcha humana; Barcelona: Masson.
- Viladot, R. (1998); *Órtesis funcionales en el tratamiento de las fracturas de la extremidad inferior* en Órtesis y prótesis del aparato locomotor 2.2; Barcelona: Masson.
- Dorland (2005); Diccionario enciclopédico ilustrado de Medicina; España: Elsevier.

#### Capítulo 2

- Osborne, David J. (1999); *Estructura del cuerpo: El tamaño y movimiento del cuerpo* en Ergonomía en acción; México: Trillas.

#### Capítulo 3

- Panero, Julius (1996); *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*; México: G. Gili.

### Índice de imágenes

#### Capítulo 1

Portadilla en

<http://www.andarines.com/primerosauxilios/fracturas/fracturas.htm>

A.1 Esquema del Sistema Nervioso

ResurrectionHealthCare (2006); *Visión general de los trastornos del Sistema Nervioso* en

[http://www.reshealth.org/sub\\_esp/yourhealth/healthinfo/default.cfm?p\\_ageid=P03892](http://www.reshealth.org/sub_esp/yourhealth/healthinfo/default.cfm?p_ageid=P03892).

A.2 Gráfico de la tipología de los huesos mostrando sus formas y su conformación interna



Conociendo nuestro cuerpo (2010); *Enfermedades y accidentes del sistema óseo* en <http://alejandroezequielperez.obolog.com/>.

#### A.3 Gráfico del sistema muscular

El blog de Jow (2009); *El motor de la bici (2ª parte)* en [http://jonander\\_\\_\\_jow.blogia.com/temas/mtb.php](http://jonander___jow.blogia.com/temas/mtb.php).

#### A.4 Gráfico de la marcha humana

Plas F., Viel, E. y Blanc Y. (1996); *La marcha humana*; Barcelona: Masson.

#### A.5 Tipos de fracturas

Shore HealthSystem (2007); *Tipos de fracturas2* en [http://health.shorehealth.org/esp\\_imagepages/8856.htm](http://health.shorehealth.org/esp_imagepages/8856.htm).

#### A.6 Estructura ósea de la pierna

Gelman, Margarita (2006); *Enciclopedia de la danza* en <http://www.elitearteydanza.com.ar/enciclopedia-anatomia-unidad-09-minferior.htm>.

#### A.7 Fractura tibia-peroné

Aurora Health (2010); *Tibial-swelling fracture* en <http://www.aurorahealthcare.org/yourhealth/healthgate/getcontent.asp?URLhealthgate=%2211532.html%22>.

#### A.8 Bota de yeso tipo PTB

Viladot, R. (1998); *Órtesis funcionales en el tratamiento de las fracturas de la extremidad inferior* en *Órtesis y prótesis del aparato locomotor 2.2*; Barcelona: Masson; pág.138.

#### A.9 Férula rígida

Archivo Personal

#### A.10 Férula blanda

Férula inflable

<http://www.codimed.cl/categoria.php?scatid=154>

#### A.11 Férula de tracción

Promasa (2010); *Inmovilización* en

<http://www.promasa.es/producto.asp?id=27>.

#### A.12 Férula Sarmiento

Ortoprotesis Caudillo (2010); *Órtesis tobillo pie* en

<http://www.caudillo.com.mx/ppag.asp?doc=207>.

#### A.13 Férula Boston

Pérez Prim (1998); *Órtesis de miembro inferior* en

<http://www.perezprim.com/distribucion/inferior13.htm>.



A.14 Férula Walker

Coltex (2010); *Miembro inferior* en

[http://www.coltexsrl.com.ar/prod\\_mi.htm](http://www.coltexsrl.com.ar/prod_mi.htm).

A.15 Férula hecha a medida

Archivo personal

A.16 IMSS

IMSS (2010); *Instituto Mexicano del Seguro Social* en

<http://www.imss.gob.mx/>.

A.17 ISSSTE

ISSSTE (2010); *Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado* en <http://www.issste.gob.mx/index2.html>

A.18 INR

INR (2010); *Instituto Nacional de Rehabilitación* en

<http://www.inr.gob.mx/>

A.19 Panorámica del INR

INR (2010); *Instituto Nacional de Rehabilitación* en

<http://www.inr.gob.mx/>

## Capítulo 2

B.1 Esquema de estudio antropométrico

Archivo personal

B.2 Esquema de estudio antropométrico

Archivo personal

B.3 Esquema de estudio antropométrico

Archivo personal

B.4 Boceto del estudio muscular

Archivo personal

## Capítulo 3

C.1 Dios Mercurio

Oráculo de los dioses en

<http://cartaastrologica.blogspot.com/2009/05/mercurio-dialoga-con-cada-uno-de-los.html>

C.2 Render de la férula **Mercurio**

Archivo personal



C.3 Muestra física de polipropileno  
Archivo personal

C.4 Solera de aluminio  
Archivo personal

C.5 Muestra física de pelite  
Archivo personal

C.6 Pegamento 3080  
Archivo personal

C.7 Mecanismos de trinquete  
Archivo personal

C.8 Mecanismos de aluminio  
Archivo personal

C.9 Esquema de medidas del pie  
Panero, Julius y Martín Zelnik (1983); Dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos; México: G. Gili; pág. 112.

C.10 Propuestas de color de la férula Mercurio.  
Archivo personal

C.11 Hombre usando Mercurio  
Archivo personal

C.12 Mujer Usando Mercurio  
Archivo personal

C.13 Copyleft  
Símbolo de Copyleft en <http://es.wikipedia.org/wiki/Copyleft>

### **Glosario de términos**

Astillamiento – Cuando alguna cosa no se rompe completamente.

Cruropédico - Desde la región crural (de donde sale el muslo) hasta la base de los dedos del pie. En el caso de un yeso cruropédico, es aquel que inmoviliza rodilla y tobillo.

Férula u órtesis – Aparato de rehabilitación de huesos fracturados.

Fractura – Cuando un hueso resulta roto o astillado en algún accidente.

Hipoalergénico – Material que permite la transpiración y por su textura es considerablemente amable con la piel.

Maléolo – Hueso que es bastante evidente en la zona del tobillo.



Morbilidad - Número de casos de una enfermedad que aparecen en una población en un cierto período de tiempo.

Ortopedia – Especialidad de la medicina que se encarga del tratamiento de las deformaciones en el cuerpo, ya sean de nacimiento o por algún accidente.

Pelite - Espuma de poliuretano no reticulado con propiedades hipoalergénicas.

Plastazote - Espuma de polietileno reticulado de célula cerrada.

Surform – Herramienta de marca Stanley, que consta de una lámina con filo como si fuera un rayador.

Técnico ortesista – Especialidad a nivel técnico, que se encarga del desarrollo de las órtesis o férulas.

Zuncho - Efecto descubierto por Augusto Sarmiento, sobre el movimiento de los huesos por medio de los apoyos necesarios para el desarrollo de calcio y así mismo la consolidación del hueso.



## Anexo 1

### Morbilidad hospitalaria

Causas de morbilidad hospitalaria según lugar de importancia, 1998 a 2008

Causa de egreso hospitalario	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Embarazo, parto y puerperio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Las demás afecciones obstétricas directas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Parto único espontáneo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Traumatismos y envenenamientos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Enfermedades del sistema urinario	6	6	7	7	7	6	6	6	6	5	5
Enfermedades del sistema circulatorio	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	7	7	6	6	6	7	7	7	7	7	7
Fracturas	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Aborto	10	9	10	9	10	9	9	9	9	9	9
Colelitiasis y colecistitis	13	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10
Diabetes mellitus	11	11	11	11	11	11	12	11	11	11	11
Enfermedades del sistema osteomuscular y tejido conjuntivo	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12
Traumatismos y heridas	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Factores que influyen en la salud y contacto con los servicios de salud	9	10	9	10	9	10	11	12	12	12	14
Hernia de la cavidad abdominal	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

NOTA: Se refiere a los egresos hospitalarios agrupados de acuerdo con la Lista condensada de morbilidad utilizada hasta el 2001 por la Secretaría de Salud. Se consideran las 15 causas más importantes de egreso hospitalario.

FUENTE: Para 1998 a 2001: Secretaría de Salud. *Boletín de Información Estadística. Daños a la salud. Volumen II (varios números)*.

Para 2002 a 2008: Secretaría de Salud. *Egresos hospitalarios, 2002-2008. Bases de datos. Proceso INEGI*. [www.sinais.salud.gob.mx](http://www.sinais.salud.gob.mx) (Consulta: 27 de agosto de 2010).

Fecha de actualización: Martes 21 de diciembre de 2010

### Estudio de toma de medidas

Este estudio antropométrico nos proporcionará datos estadísticos que junto con las medidas de las férulas comerciales antes mencionadas a tomar las decisiones sobre las medidas del nuevo diseñotanto en los contornos como en la longitud.



### Datos del estudio antropométrico

A partir de una muestra de 30 individuos de la comunidad de la FES Aragón, que para términos prácticos es un lugar donde se encontraría mayor incidencia de personas de edad media y de diferentes alturas, así que se les tomo medidas de la pierna con cinta métrica, una escuadra y una bascula para obtener los resultados, que nos darán las medidas reales nos arrojarán resultados más fidedignos, y así poder obtener los percentiles 5 y 95, así como la media y el promedio, para tener bases para determinar las medidas de la férula.

Izquierda					Derecha				
Número	Altura	Rótula	Pantorrilla	Tobillo	Rótula	Pantorrilla	Tobillo	Complejión	Peso
1	1712	440	385	251	461	390	261	Mesomorfo	79
2	1662	440	354	251	460	365	265	Mesomorfo	80
3	1666	443	350	249	460	350	255	Mesomorfo	63
4	1670	450	354	261	460	356	265	Mesomorfo	65
5	1675	450	344	235	477	333	232	Endomorfo	57
6	1675	455	361	250	484	370	264	Mesomorfo	73
7	1680	458	392	270	482	384	270	Mesomorfo	85
8	1694	460	351	264	486	349	262	Endomorfo	68.5
9	1700	460	390	258	450	375	262	Mesomorfo	76
10	1700	460	360	270	462	352	260	Mesomorfo	65
11	1700	460	372	260	455	380	270	Mesomorfo	74
12	1705	461	420	260	462	415	270	Endomorfo	85
13	1705	462	410	275	476	425	280	Endomorfo	93
14	1706	462	410	270	470	340	265	Endomorfo	82.5
15	1710	466	385	275	458	380	285	Endomorfo	84
16	1712	470	435	290	490	440	295	Mesomorfo	85
17	1722	470	380	276	460	385	282	Endomorfo	68
18	1730	470	375	280	510	385	285	Endomorfo	65
19	1735	470	425	287	480	420	283	Endomorfo	86
20	1738	477	355	280	490	355	285	Endomorfo	66
21	1750	480	354	265	443	344	250	Endomorfo	60
22	1760	480	375	280	480	371	275	Endomorfo	72
23	1765	480	355	250	460	368	243	Mesomorfo	65
24	1786	480	340	250	440	345	255	Endomorfo	60
25	1790	484	335	255	455	330	265	Endomorfo	75
26	1790	484	385	280	480	390	280	Mesomorfo	73
27	1795	486	380	265	470	378	270	Mesomorfo	65
28	1800	490	400	280	480	380	275	Mesomorfo	83



29	1810	490	335	265	470	355	250	Endomorfo	57
30	1845	510	340	275	475	340	250	Mesomorfo	74.5

## Resultados

	Pierna izquierda				Pierna derecha				
Incidencia	1700	460	385	280	460	380	265		65
Mediana	1712	468	373	265	470	370	265		73
Percentil 5	1662	440	335	235	440	330	232		57
Percentil 95	1845	510	435	290	510	440	295		93
Promedio	1729	168	373	265	469	371	267		73



## Anexo 2

### Resistencia de materiales del Mercurio

Tabla general de la resistencia de los materiales utilizados, de acuerdo al peso que soportan por centímetro cúbico o cuadrado.

Material	Esfuerzo y deformación del material
Polipropileno laminado	$T_w = 427 \text{ kg. / cm.}^2$
Solera de aluminio	$T_w = 670 \text{ kg. / cm.}^2$
Pelite espuma de poliuretano	$14.5 - 320 \text{ kg./m}^3$

#### Carga uniformemente repartida

Resistencia de materiales, resistencia del polipropileno

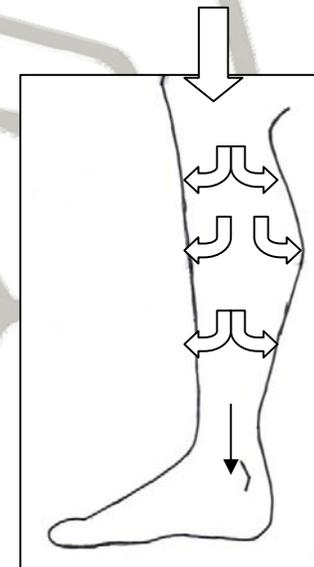
$$T_w = 427 \text{ kg. / cm.}^2$$

Entonces:

$$21/2 = (10.5)^2 \pi = 346.36 \text{ cm}^2$$

$$42/2 = (21)^2 \pi = 1385.44 \text{ cm}^2$$

$1386 - 347 = 1039 \text{ cm}^2$  como el peso máximo que soporta el material, así que teniendo en cuenta, cual es el peso que tenemos como tope, podemos decir que el material polipropileno es el adecuado.



Esquema gráfico de la carga uniformemente repartida

Observaremos también los accidentes ocasionales, donde el usuario es propenso a “perder el piso”, que entonces carga más peso del “normal” en la pierna lastimada y que la férula tiene que tener la capacidad de resistir esos cortos pero duros embates de peso “extra”, para lo que realizaremos al siguiente problema de resistencia de materiales:

### Carga viva

Es decir la distribución de carga en todo el interior del material contenedor al estar caminando.

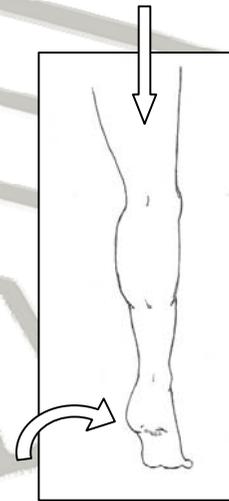
$(120 \text{ kg.} - \text{Carga viva}) + (2 \text{ kg.} - \text{cm. p/p}) = 122 \text{ kg.} + 15\% \text{ Carga accidental} = 140.3 \text{ kg.} \approx 141 \text{ kg.}$

$d = p / a \quad 141 \text{ kg.} / 1039 \text{ cm.}^2 = 0.1357$

$0.14 < 427 \text{ kg.} / \text{cm}^2$

$1/8" = 3.93 \text{ cm.}$

$141 \text{ kg.} / 3.93 \text{ cm.} = 35.87$  tiene que ser menor a:  $427 \text{ kg} / \text{cm}^2$



Esquema gráfico de la carga viva



Otro de los mecanismos diseñados, tanto en su ubicación como en su función son las barras frontales, así que se representara con la siguiente ecuación de acuerdo al peso:

Barrasfrontales

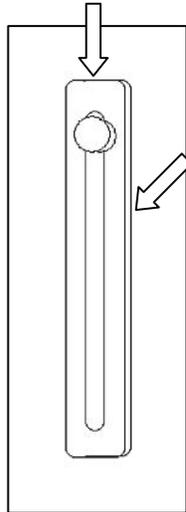
$$141 \text{ kg} * 0.342 = 48.22$$

$$141 + 48.22 = 189.22 \approx 200 \text{ kg.}$$

$$e = Pt / A = 141 \text{ kg.} / 0.3 \text{ cm.}^2 = 470 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 < 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$= 200 \text{ kg.} / 0.3 \text{ cm.}^2 = 666.66 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 < 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$\partial = Pt/EA = 141 (8\text{cm}) / 91,000 (0.3) = 1128 / 27300 = 0.0431 > 1$$



Otro de los sistemas que no diseñamos, pero si rediseñamos fueron las articulaciones, así como el perno que soporta el peso de manera cortante:

Articulación

$$0.3 * 2 = 0.6 > 1$$

$$141 \text{ kg.} / 0.6 \text{ cm.}^2 = 235 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 > 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$200 \text{ kg.} / 0.6 \text{ cm.}^2 = 333.3 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 > 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$141 \text{ kg.} / (1/8') 0.32 \text{ cm.}^2 = 440.62 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 > 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$200 \text{ kg.} / (1/8') 0.32 \text{ cm.}^2 = 625 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 > 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

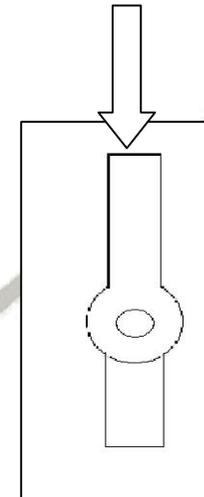
Perno

$$\partial = 141 \text{ kg.} / 0.332 \text{ cm.}^2 = 424.6 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$\approx 425 \text{ kg.} / \text{cm.}^2 > 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$A = 141 \text{ kg.} / 670 \text{ kg.} / \text{cm.}^2$$

$$A = 0.210 \text{ cm.}^2$$





### Anexo 3

- Posee alta resistencia al impacto.

### Tablas comerciales de materiales

#### Polipropileno

##### Características:

El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es el termoplástico de más baja densidad. Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.

##### Propiedades físicas

- La densidad del polipropileno, está comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm<sup>3</sup>

Por ser tan baja permite la fabricación de productos ligeros.

- Es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos. Una carga de 25.5 kg/cm<sup>2</sup>, aplicada durante 24 horas no produce deformación apreciable a temperatura ambiente y resiste hasta los 70 grados C.
- Posee una gran capacidad de recuperación elástica.
- Tiene una excelente compatibilidad con el medio.
- Es un material fácil de reciclar



Algunas de las presentaciones del polipropileno laminado.

##### Propiedades mecánicas

- Puede utilizarse en calidad de material para elementos deslizantes no lubricados.
- Tiene buena resistencia superficial.
- Tiene buena resistencia química a la humedad y al calor sin deformarse.
- Tiene buena dureza superficial y estabilidad dimensional.



#### Propiedades eléctricas

- La resistencia transversal es superior a 1016 O cm.
- Por presentar buena polaridad, su factor de perdidas es bajo.
- Tiene muy buena rigidez dieléctrica.

#### Propiedades químicas

- Tiene naturaleza apolar, y por esto posee gran resistencia a agentes químicos.
- Presenta poca absorción de agua, por lo tanto no presenta mucha humedad.
- Tiene gran resistencia a soluciones de detergentes comerciales.
- El polipropileno como los polietilenos tiene una buena resistencia química pero una resistencia débil a los rayos UV (salvo estabilización o protección previa).

#### Usos y Aplicaciones:

Película / Film (para alimentos, aparadores de productos en venta indumentaria) - Bolsas de rafia tejidas (para papas, cereales) –

#### Envases

##### Industriales (Big Bag)

- Hilos, cabos, cordelería
- Caños para agua fría y caliente
- Jeringas desechables
- Tapas en general, envases
- Bazar y menaje.

#### Cajones para bebidas

- Baldes para pintura, helados
- Potes para margarina
- Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Alfombras
- Cajas de baterías defensas de autos y autopartes, férulas y prótesis.

#### Ventajas y Beneficios:

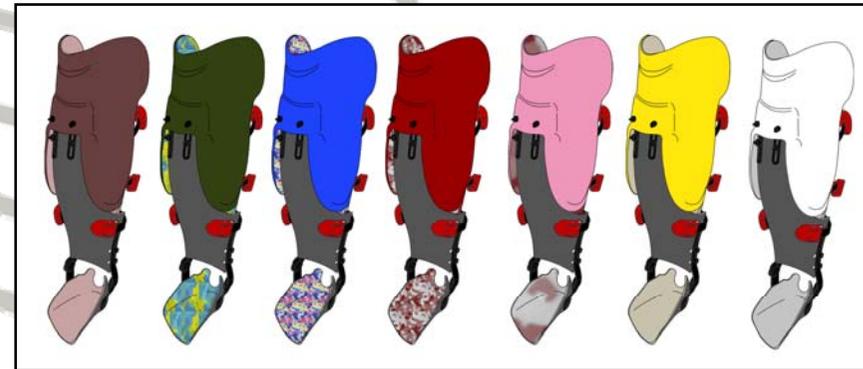
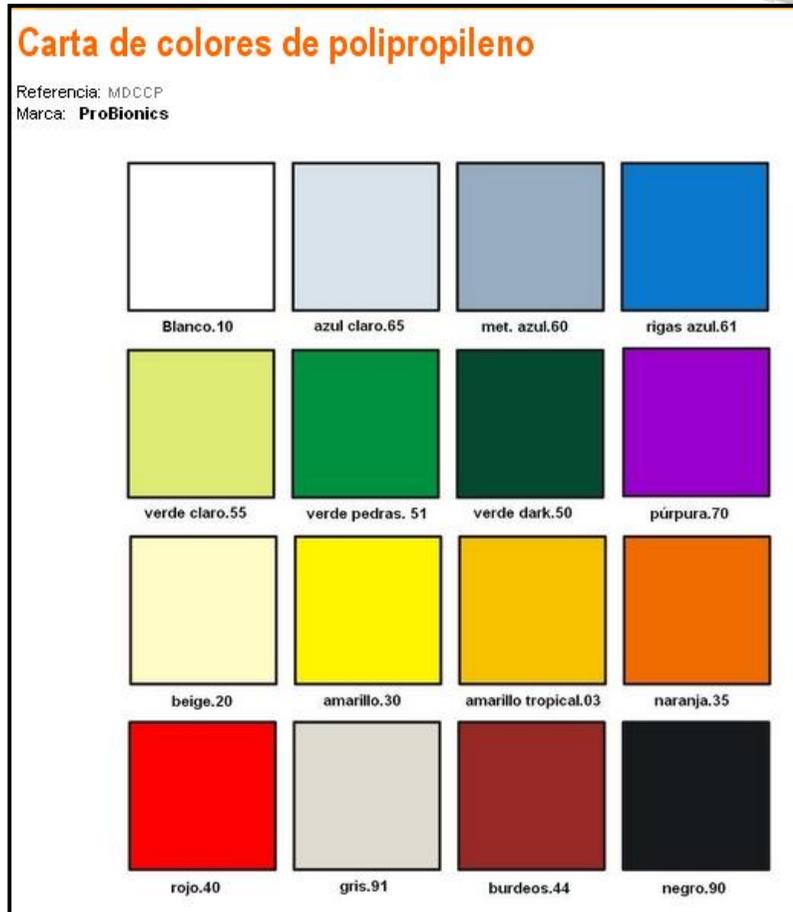
- Inerte (al contenido)
- Resistente a la temperatura (hasta 135°)
- Barrera a los aromas
- Impermeable
- Irrompible
- Brillo
- Liviano
- Transparente en películas
- No tóxico
- Alta resistencia química



## Catálogo de colores del Polipropileno

El Polipropileno nos ofrece la siguiente gama de colores:

Por lo tanto se ponen las especificaciones de los colores propuestos a partir de la gama internacional Pantone:



Primera  
PMS 175  
OC 3M 100Y 30K

Segunda  
PMS 5753  
OC 3M 100Y 30K

Tercera  
PMS 299 2X  
OC 3M 100Y 30K

Cuarta  
PMS 484  
OC 3M 100Y 30K

Quinta  
PMS 673  
OC 3M 100Y 30K

Sexta  
PMS 102  
OC 1M 95Y 0K

Base para todas:  
PMS 445



## El polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad). Este material se encuentran en envases plásticos desechables.

## Polimerización

El polietileno de alta densidad es un polímero de adición, conformado por unidades repetitivas de etileno. En el proceso de polimerización, se emplean catalizadores tipo Ziegler-Natta, y el Etileno es polimerizado a bajas presiones, mediante radicales libres.

## Estructura química

El polietileno de alta densidad es un polímero cuya estructura es lineal, sin ramificaciones.

## Características del polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un polímero que se caracteriza por:

- Excelente resistencia térmica y química.
- Muy buena resistencia al impacto.
- Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.

- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión
- Es flexible, aún a bajas temperaturas.
- Es más rígido que el polietileno de baja densidad.
- Es muy ligero.
- Su densidad es igual o menor a 0.952 g/cm<sup>3</sup>
- No es atacado por los ácidos, resistente al agua a los 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

## Procesos de conformado

Se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como son: moldeo por inyección, rotomoldeo y extrusión.

## Aplicaciones

- Algunas de sus aplicaciones son:
- Bolsas plásticas.
  - Envases de alimentos, detergentes y otros productos químicos
- Artículos para el hogar.
- Juguetes.
- Acetábulos de prótesis femorales de caderas.
- Dispositivos protectores (casco, rodilleras, coderas...)
- Impermeabilización de terrenos (vertederos, piscinas, estanques, pilas dinámicas en la gran minería)



## Mezclas poliméricas

El polietileno de alta densidad se puede copolimerizar con propileno.

## Reciclaje

Este material puede ser reciclado, al igual que los demás termoplásticos. Es identificado con el siguiente símbolo:

- Otros

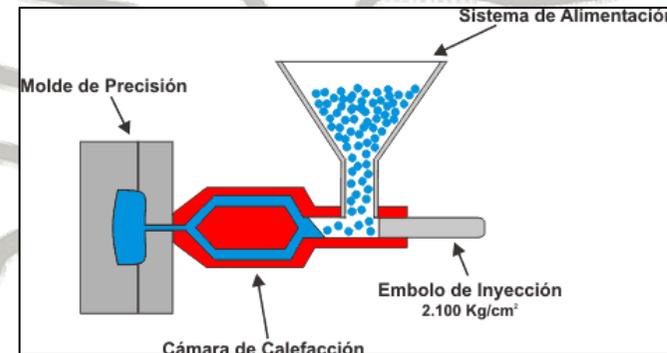


El polietileno de alta densidad es reciclable.<sup>1</sup>

## Moldeo por inyección

Un émbolo o pistón de inyección se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico ablandado por el calor a través del espacio existente entre las paredes del cilindro y una

pieza recalentada y situada en el centro de aquél. Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeño. Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido como para llegar al molde frío donde toma forma la pieza en cuestión. El polímero estará lo suficiente fluido como para llenar el molde frío. Pasado un tiempo breve dentro del molde cerrado, el plástico solidifica, el molde se abre y la pieza es removida. El ritmo de producción es muy rápido, de escasos segundos



<sup>1</sup> <http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno/propiedades>



### **Pelite liso<sup>o</sup> (poliuretano espumado)**

Descripción	Color	Tamaño	Espesor
pe foam LD-45	Piel	2000 x 1000	3 mm.
pe foam LD-45	Piel	2000 x 1000	6 mm.
pe foam LD-45	Piel	2000 x 1000	12 mm.

#### Detalle características

Las espumas de poliuretano no reticulado, de espesores hasta 10 mm, aportan, al mundo del embalaje y la protección, un producto que protege especialmente las superficies delicadas de golpes y arañazos. Esto es posible gracias a la estructura de células cerradas, llenas de aire e independientes entre sí, que le confieren al producto unas características únicas.

#### Ventajas:

- Ligereza, que facilita su manipulación
- Flexibilidad, adaptable a cualquier tipo de geometría de los productos
- Gran capacidad de amortiguación y recuperación después del impacto
- Excelente aislante térmico y acústico
- Limpieza del producto, sin restos ni filamentos
- Impermeable al agua y al vapor de agua

- Material reutilizable y finalmente reciclable junto a otros productores de polietileno
- Material libre de C.F.C y H.C.F.C.
- Presentación en rollos de diferentes espesores y dimensiones



Vista de algunos modelos de platillas de espuma de poliuretano pelite, que nos permite ver su suave textura.

#### Aplicaciones:

- Embalaje: mueble, lámparas, piezas plásticas, piezas pintadas o revestidas, separadores de piezas apiladas, etc.
- Construcción: como aislante térmico, aislante acústico, impermeabilizante y para suelos flotantes.
- Las láminas de espuma de polietileno pueden combinarse con otros materiales, resultando productos de características

<sup>o</sup><http://en.wikipedia.org/wiki/Pelite>



especiales, adecuados en cada caso para aplicaciones concretas.

Presentación:

- En rollos de diferentes espesores y dimensiones
- En formatos cortados a medida
- En rollos con precortes a medida del cliente
- En bolsas termosoldadas a medida.

Densidades:

Desde 24 Kg/m<sup>3</sup> hasta 140 Kg/m<sup>3</sup>

### **Adhesivo 3080**

Características:

Adhesivo de contacto base solvente, flexible e impermeable, extraordinaria adhesividad, gran poder de anclaje, máxima penetración.

Usos:

Para el ensuelado de materiales naturales a cortes de piel. Se recomienda para el pegado de suelas sintéticas de hule nuclear, (Neolite, Excelente, etc.) presenta un excelente comportamiento en el montado de pieles grasas y cueros rígidos.

Instrucciones:

Pegado en frío: para lograr un pegado perfecto, cardar ambas superficies a unir, el cardado debe tener suficiente cantidad de producto y ser uniforme. En los materiales muy porosos se

recomienda aplicar una segunda capa de adhesivo, después de haber secado perfectamente la primera. Pegado activado: cuando el adhesivo ya no presente pegajosidad, active a una temperatura de 70 a 80° C durante 10 a 20 segundos.®



Envase comercial del pegamento Resistol 3080 de 19 litros.

®[http://www.henkel.de/cps/rde/xchg/hs.xsl/2046\\_1637\\_MXE\\_HTML.htm?continent=southamerica](http://www.henkel.de/cps/rde/xchg/hs.xsl/2046_1637_MXE_HTML.htm?continent=southamerica)



## Aluminio

### “Características principales

El aluminio es un metal ligero, blando pero resistente, de aspecto gris plateado. Su densidad es aproximadamente un tercio de la del acero o el cobre. Es muy maleable y dúctil y es apto para el mecanizado y la fundición.

El aluminio tiene características anfóteras. Esto significa que se disuelve tanto en ácidos (formando sales de aluminio) como en bases fuertes (formando aluminatos con el anión  $[Al(OH)_4]^-$  liberando hidrógeno.

La capa de óxido formada sobre el aluminio se puede disolver en ácido cítrico formando citrato de aluminio.

El principal y casi único estado de oxidación del aluminio es +III como es de esperar por sus tres electrones en la capa de valencia.”•

### Aplicaciones

Ya sea considerando la cantidad o el valor del metal empleado, su uso excede al del cualquier otro exceptuando el acero, y es un material importante en multitud de actividades económicas.



Colores del aluminio anodizado

CONSTANTES FÍSICAS DEL ALUMINIO	
Peso específico	2.70 gr/cm <sup>3</sup>
Conductividad térmica a 25°C	0.53 cal. gr. por seg. por cm <sup>2</sup> por cm. de espesor por °C
Coefficiente de dilatación térmica (20 a 100°C)	0.0000239 mm/°C
Módulo de elasticidad	7030 Kg/mm <sup>2</sup>
Punto de fusión	660°C

Especificaciones técnicas del aluminio□

<sup>•</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>

□ [http://www.lapaloma.com.mx/lapaloma\\_metalos/propiedades/aluminio.htm](http://www.lapaloma.com.mx/lapaloma_metalos/propiedades/aluminio.htm)