

11  
Zej

## **SILLA DE RUEDAS EN PLÁSTICO INYECTADO**

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

**Luis Ernesto Elizalde Rodarte.**

Con la dirección de:

**Ing. Säuberli Shärer Ulrich**

y la asesoría de

**D.I. Fernando Fernández Barba,**

**D.I. Eduardo Reyes Arrollo,**

**D.I. Roberto González Torres,**

**D.I. Cristina Guzmán Siller.**

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

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1997



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.

**TESIS SIN PAGINACION**

**COMPLETA LA INFORMACION**

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

Coordinador de Exámenes Profesionales de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

EP 01 Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis

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

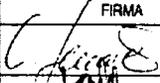
NOMBRE ELIZALDE RODARTE LUIS PIRESTO No. DE CUENTA 330986-11

NOMBRE DE LA TESIS Estudio de factibilidad

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

Examen Profesional que se celebrará el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_ a las \_\_\_\_\_ hrs

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F. a \_\_\_\_\_ de Agosto 1996

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE ING. ULRICH SCHARER SAUBERL	
VOCAL DI FERNANDO FERNANDEZ BARBA	
SECRETARIO DI EDUARDO REYES ARROYO	
PRIMER SUPLENTE DI ROBERTO GONZALEZ TORRES	
SEGUNDO SUPLENTE DI CRISTINA GUZMAN SILLER	

M ENARC XAVIER CORTES ROCHA  
Vo. Bo. del Director de la Facultad

## **Semblanza de la investigación.**

Para el desarrollo de este proyecto fue invaluable el soporte de las siguientes instituciones:

- Instituto Nacional de Rehabilitación A.C.
- Instituto Nacional de Ortopedia.
- Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Proyecto Camina A.C.
- Universidad Iberoamericana.

Aquí se realizaron consultas bibliográficas, a archivos, así como entrevistas directas a pacientes y doctores. En las oficinas del proyecto Camina A.C. el Dr. Gabriel Guizar revisó el proyecto e hizo sugerencias en cuanto al uso y problemáticas de una silla de ruedas.

En el Instituto Nacional de Rehabilitación A.C. se pudo realizar una visita a los talleres de reparación de sillas de ruedas, en ese lugar, orientado por la persona encargada del taller, se detectaron fallas generales en la construcción de las sillas de ruedas comerciales.

En la Universidad Iberoamericana se consultó con la Doctora en Ingeniería Biomecánica Ruth Mayagoitia, en esta visita se recopiló una gran cantidad de archivos relacionados con ergonomía y diseño de sillas de ruedas.

Se visitaron varias tiendas de ortopedia, con el fin de conocer la variedad de productos y precios, ahí mismo se obtuvo información relacionada con el tipo de accesorios que se requieren dependiendo de la discapacidad del usuario.

### **La investigación del estudio de mercado se realizó en los siguientes lugares:**

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI)
- Banco de Comercio Exterior (BANCOMEXT)
- Diversas direcciones en Internet.

### **El estudio de producción se realizó en las siguientes industrias:**

- HOECHST-CELANESE Mexicana. (plásticos para inyección).
- DUPONT Mexicana. (plásticos para inyección y para telas de nylon).
- BASF Mexicana. (plásticos para inyección y para telas de nylon).
- Cámara Nacional de la Industria Textil. (Telas de nylon).
- Distribuidora LUVE (Venta de máquinas inyectoras).
- Industrias SAGO (Fabricación de moldes para inyección).
- Everest & Jennings Mexicana. (Fabricación de sillas de ruedas).

## **Perfil del Producto**

La silla de ruedas EQUIPLAST está dirigida al mercado que conforman las personas discapacitadas (paraplégicas, hemiplégicas, mutiladas o con lesión temporal que les impida caminar) adultas de clase media baja a alta. Debido a que el producto es desarmable puede venderse en supermercados y centros comerciales, así como en tiendas de productos ortopédicos. El precio de venta al público es de \$606.45 más IVA.

## **Valores de oferta**

Las principales aportaciones de la silla de ruedas EQUIPLAST, son el desarrollo de una silla de ruedas con materiales distintos a los que tradicionalmente se han usado (prácticamente desde su invención), con formas y estructuras distintas, más funcionales, aprovechando la optimización de piezas, lo que nos deriva en una silla más económica y durable hecha 100% en México.

## **Principios de funcionamiento**

Los principios funcionales de la silla de ruedas EQUIPLAST son los mismos que una silla de ruedas convencional, a diferencia de que éstos son más fáciles de desempeñar.

## **Materiales y procesos de manufactura**

Como material principal se usó el Polipropileno modificado con 20% de talco PROCEL de la industria HOECHST-CELANESE. también se usó en menor proporción polietileno de baja densidad y nylon cordura de DUPONT. El proceso principal de manufactura fue la inyección de plásticos.

## **Factores humanos considerados**

Se tomaron en consideración las medidas antropométricas estándar en las sillas de ruedas convencionales, además de considerar un análisis antropométrico, de seguridad y la implementación de dispositivos ajustables, plegables y removibles, así como la implementación de tres posibles centros de gravedad.

## **Estética y semiótica del producto**

La silla de ruedas EQUIPLAST es diferente a todas las demás, por sus materiales y su forma, lo cual ayuda a crear un carácter muy definido sobre las convencionales, siendo este un factor decisivo en su compra. La estructura de la silla tiene como patrón las formas curvas, las cuales además de aportar estética, agregan seguridad y confort, que ayuda a evitar el estigma clínico que se tiene con los productos ortopédicos.

La presente tesis la dedico a mis padres, quienes bajo cualquier circunstancia siempre me han apoyado para lograr a ayudarme ser una persona con interés en mi formación personal y profesional.

Y a Paco y Richard, por incitarme a ser observador y crítico, lo cual me servirá toda mi vida para seleccionar las cosas que valen la pena.

También quiero agradecer a mis hermanas, amigos, maestros y todas aquellas personas que me ofrecieron su apoyo durante mis estudios.

# SILLA DE RUEDAS EN PLÁSTICO INYECTADO



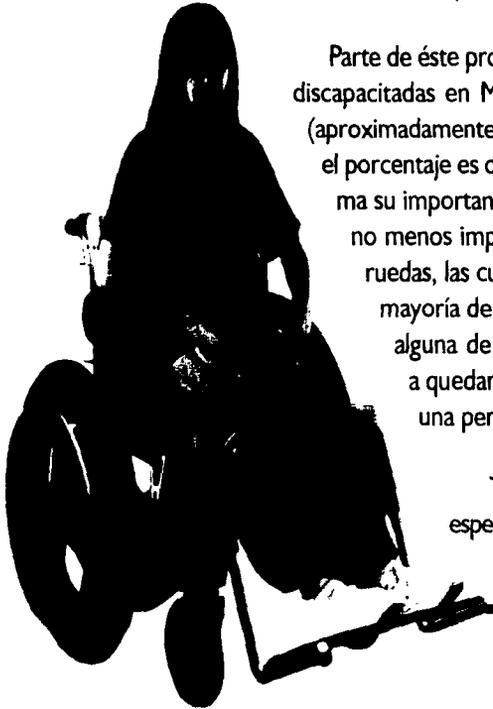
# Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>11</b>
Propuesta.....	13
<b>Desarrollo tecnológico de las sillas de ruedas</b> .....	<b>19</b>
<b>Estudio de mercado</b> .....	<b>29</b>
Área de mercado .....	31
Comportamiento de la demanda y oferta .....	32
El producto en el mercado.....	37
Tipos de sillas de ruedas .....	38
<b>Ergonomía</b> .....	<b>41</b>
Pronóstico de uso .....	43
Análisis de uso .....	44
Percentiles .....	49
Fac. importantes en la selec. de una silla de ruedas .....	51
Características y accesorios .....	56
Seguridad .....	61
<b>Producción</b> .....	<b>63</b>
Proceso de inyección.....	65
Material.....	67
Moldes .....	71
Capacidad de la inyectora .....	74
Consideraciones de diseño.....	76
<b>Costos de producción</b> .....	<b>81</b>
<b>Planos de producción</b> .....	<b>95</b>
<b>Memoria descriptiva y conclusiones</b> .....	<b>103</b>
<b>Glosario y bibliografía</b> .....	<b>109</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>117</b>

# INTRODUCCIÓN

La mayoría de las personas discapacitadas de bajos recursos pasan muchas horas al día (14 horas mínimo) sentadas en sillas de ruedas de muy mala calidad, que no solo son incómodas, sino que además pueden ocasionar diversos daños a la salud.

Lamentablemente el problema de discapacitados en México ha sido tomado con poco interés por el gobierno y la comunidad en general, dándole al país uno de los peores lugares en el mundo en atención a personas discapacitadas.



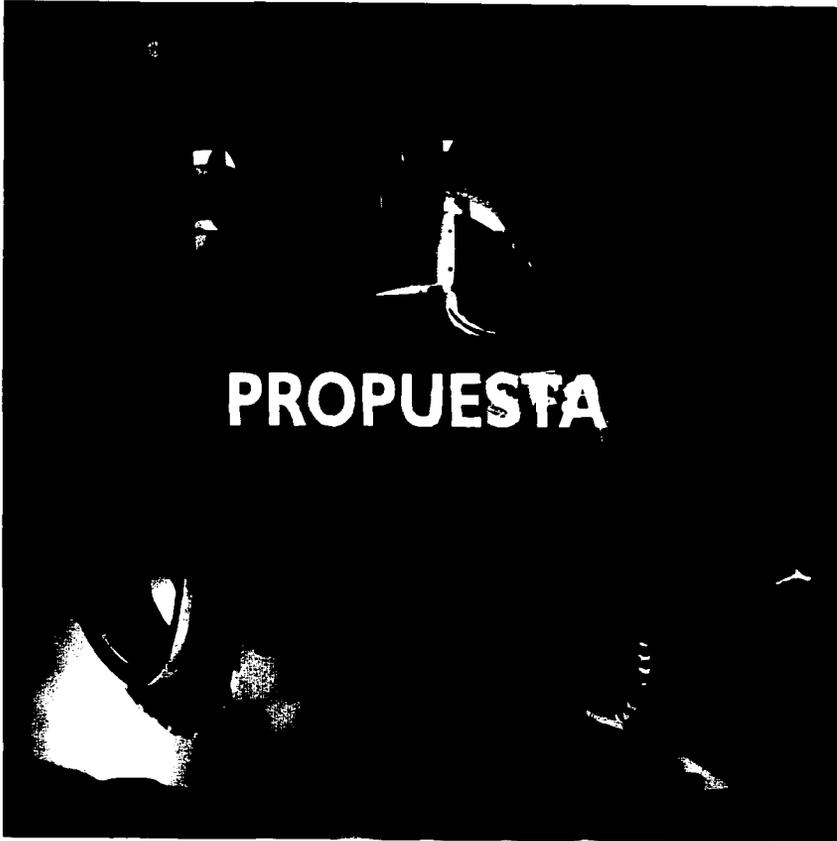
Parte de éste problema reside en que el porcentaje de personas discapacitadas en México es uno de los más bajos en el mundo (aproximadamente una de cada mil, a diferencia de los E.U. en que el porcentaje es de uno en 525), por lo que no se le da al problema su importancia debida. Por otro lado existe otro problema no menos importante que es los altos costos de las sillas de ruedas, las cuales quedan fuera del alcance económico de la mayoría de los mexicanos, teniendo que conformarse con alguna de fabricación casera, o en el peor de los casos a quedarse confinados en su casa, convirtiéndose así en una persona improductiva.

Tomando en cuenta de que no existe el equipo especializado y, que la mayoría de las sillas de ruedas que existen en el mercado nacional son importadas (según datos de el Instituto Mexicano de Rehabilitación, tres cuartas partes de las sillas que se venden en México son im-

portadas, ya que la producción nacional no alcanza a cubrir completamente los requerimientos del mercado), se decidió crear el proyecto de una silla de ruedas, que además de ser más funcional, cómoda y segura para el usuario, sea más barata mediante la utilización de plásticos inyectados, y la optimización de numerosas partes, que algunas veces son innecesarias, dando así lugar a una silla al alcance de la mayoría.

Es muy importante para el país el cubrir la demanda del mercado nacional, además de fomentar la exportación, ya que sólo de ésta manera se podrá comenzar a reducir el trecho comercial que existe con los países de primer mundo, por lo que es una gran ventaja el diseñar una silla de ruedas fabricada en México con materiales cien por ciento mexicanos. Por ejemplo el precio al menudeo de una llanta con cámara marca Tornel hecha en México para silla de ruedas es de \$ 42.00, en cambio si uno tiene una silla de ruedas marca Everest and Jennings tendría que usar la refacción original importada que tiene un precio de N\$ 110.00. Sin embargo, la mala calidad e inaccesibilidad de las sillas mexicanas obliga a comprar (si se tienen los recursos suficientes) las sillas extranjeras, ya que al menos éstas garantizan tener calidad de fabricación y diseño en sus componentes.





1

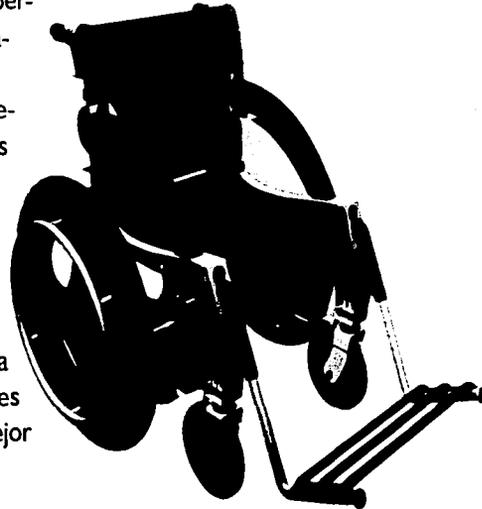
... de la industria de la construcción y el sector inmobiliario, que se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo económico del país. En este contexto, el rol de los bancos de inversión es crucial, ya que facilitan el acceso a capital para proyectos de gran envergadura y promueven la innovación en el sector. Además, estos bancos desempeñan un papel clave en la gestión de riesgos y en la optimización de recursos, lo que contribuye a la sostenibilidad y al crecimiento a largo plazo de las empresas. En definitiva, el sector de los bancos de inversión sigue siendo una fuerza motriz en la economía global, adaptándose a los desafíos y oportunidades que plantea el mundo actual.

## PROPUESTA

El diseño para discapacitados en la actualidad se ha convertido en una categoría separada y de mucha complejidad. Hasta hace poco tiempo el diseñar para estos grupos significaba el adaptar mobiliario, o equipo que tenía una apariencia muy clínica y fría. Y aunque éstos mas o menos lograban acomodar físicamente al usuario, psicológicamente eran deficientes. Las sillas de ruedas eran de tubular cromado (visualmente muy frío), con asientos de vinilo ahulado (visualmente fríos y pegajosos) y accesorios en hierro o aluminio fundido. La propuesta denominada **EQUIPLAST** combina color y textura visualmente muy estimulante, con asientos de nylon acojinados y muy resistentes, y formas de diseño contemporáneo, sin vértices que pudieran tornarse peligrosos. Estos detalles ayudan a eliminar el estigma clínico del producto, lo hacen menos intimidante, y ayudan a fomentar su uso.

Las innovaciones que propone éste proyecto se enfocan principalmente a la optimización de piezas, lo que repercute directamente en la economía y la simplificación en el uso.

El diseño de la última década finalmente reconoce la ergonomía, y dado que los productos para discapacitados son una de las áreas que posiblemente más necesidad de diseño ergonómico requieren (por estar éstos en contacto directo con el producto) es irónico que estuviera sin ésta por tanto tiempo. Así es que **EQUIPLAST** basado en diseño contemporáneo, no olvida la aplicación y aprovechamiento de los avances ergonómicos, que indican las técnicas para la mejor comodidad del usuario.



## **LAS 21 VENTAJAS DE EQUIPLAST SOBRE LAS SILLAS CONVENCIONALES**

- 1** Economía.
- 2** Durabilidad
- 3** Plegabilidad
- 4** Fácil propulsión
- 5** Aro de plástico acabado mate, que no es frío al tacto y evita derrapes.
- 6** Freno de seguridad
- 7** Ruedas frontales de 8 pulgadas que ofrecen mejor desplazamiento, por ser más grandes.
- 8** Apoya brazos desmontable y desplazable.
- 9** Apoya pies desmontable y ajustable.
- 10** Tres opciones de cambio del centro de gravedad.
- 11** Muy fácil de limpiar.
- 12** Muy fácil de usar.
- 13** Mucho más ligera que las sillas tubulares (10 Kg. menos aproximadamente).
- 14** Asiento y respaldo ergonómicos de Nylon súper durable CORDURA de DUPONT.
- 15** Contiene aprox. 100 piezas menos que una silla convencional (2/3 menos).
- 16** Diseño contemporáneo con colores visual y psicológicamente agradables.
- 17** Amigable al tacto.
- 18** No se oxida con la humedad.
- 19** No se despinta.
- 20** Llantas neumáticas de 24" 3/8 que evitan lesiones en la columna.
- 21** Una silla 100% mexicana con refacciones económicas y fáciles de conseguir.



**Tabla de actividades-requerimientos-propuesta.**

Actividades	Requerimientos	Propuesta
Manipulación de la silla de ruedas, autodesplazamiento y desplazamiento por medio de la ayuda de una segunda persona.	Transmisión de movimiento mediante el aro de propulsión o las barras de propulsión.	Se propone un aro con un diámetro mayor, lo cual ofrece una mayor área de contacto. Además a diferencia de los aros convencionales, éste cuenta con una textura para tener mejor prensión, al igual que las barras de propulsión.
Permanencia por parte del usuario sobre la silla de ruedas por prolongados períodos de tiempo (16 horas al día).	Adecuada posición de la columna vertebral y gran comodidad en el respaldo y asiento.	Se propone un respaldo y asiento que a diferencia de los convencionales, incorporan un perfil ergonómico, el cual ayuda a una mejor distribución del cuerpo del usuario sobre la superficie del asiento, además estos poseen las inclinaciones adecuadas para una mejor postura y descanso de la columna vertebral.
Actividades independientes: Transferencia de la silla de ruedas a: cama y viceversa silla y viceversa inodoro y viceversa piso y viceversa automóvil y viceversa	Facilidad para el usuario en desmontar o plegar partes no compatibles con la actividad a realizar.	La propuesta cuenta con descansabrazos abatibles, desmontables y adecuados para acercarse a mesas o escritorios; peneras desmontables y ajustables; llantas neumáticas que evitan los molestos golpeteos y vibraciones durante la transportación, los cuales además de fomentar las úlceras de decúbito (en los glúteos) pueden lesionar también la columna; frenos que estabilizan la silla cuando esta se encuentra en superficies con desnivel; <b>el diseño propuesto no tiene ángulos agudos, ni superficies peligrosas de alta dureza (metálicas), por lo que su uso es muy seguro.</b>

Actividades	Requerimientos	Propuesta
<p><b>Aspecto formal:</b> Aceptación de la silla de ruedas por parte del usuario.</p>	<p>Diseño atractivo que evite el rechazo de la silla, fomente su uso, e incite su compra.</p>	<p>Se propone una silla con un diseño totalmente nuevo, con formas, texturas y colores que rompen con el estigma clínico existente, además de contar con un precio altamente competitivo en el mercado.</p>
<p>Transportación de la silla de ruedas.</p>	<p>Facilidad de transportación y tamaño mínimo de empaque.</p>	<p>La propuesta es una silla que plegada tiene un tamaño de 87.3 cms de alto, 77 cms de ancho y 37.7 cms de fondo. Desarmada, su empaque para venta tiene un tamaño de 74 cms de alto, 66 cms de ancho, y 33 cms de fondo. Su peso es de 12.5 Kg. (10 Kg. menos que las tradicionales), por lo que se facilita más aún su transportación y su uso.</p>
<p>Mantenimiento</p>	<p>Facilidad de mantenimiento y durabilidad.</p>	<p>Se propone una silla de gran durabilidad, muy fácil de usar y limpiar. Contiene aproximadamente 100 piezas menos que una silla convencional, por lo que su mantenimiento es muy simple. Por ser de plástico, su limpieza es muy rápida, además de que no se oxida ni se despinta. En caso de necesitarse refacciones, estas serán muy fáciles de conseguir, ya que todas son hechas en México.</p>

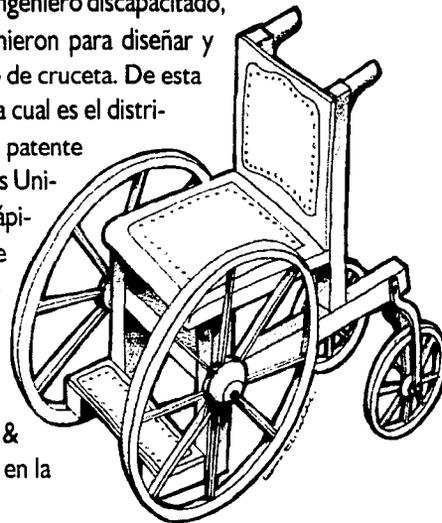


**DESARROLLO  
TECNOLOGICO**



## DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS SILLAS DE RUEDAS (HISTORIA).

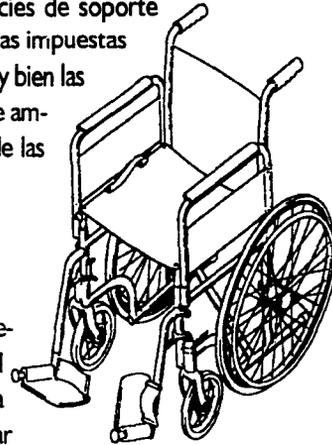
Los inicios de las sillas de ruedas no están muy bien documentados. Archivos de patentes indican que diseños de sillas de ruedas propulsadas por el usuario similares a los actuales datan desde 1894. En 1932, Herbert A. Everest, un ingeniero discapacitado, y Harry C. Jennings, un ingeniero mecánico, se unieron para diseñar y patentar la actual silla de ruedas plegable por medio de cruceta. De esta manera formaron la compañía Everest & Jennings, la cual es el distribuidor internacional más grande en la actualidad. Su patente fue registrado en la oficina de patentes de los Estados Unidos en Octubre de 1937. Este diseño reemplazó rápidamente al diseño no plegable de silla de ruedas de madera, y fue comprado principalmente por personas que querían una silla de ruedas ligera y fácil de transportar en un automóvil. Probablemente ningún otro diseño ha influenciado tanto a los vehículos de propulsión humana como el diseño de Everest & Jennings, siendo éste todavía el estándar que se usa en la industria hoy en día.



El diseño plegable de cruceta ha resuelto las necesidades de un gran número de personas discapacitadas por décadas. Aquellos requiriendo el uso temporal de una silla de ruedas o aquellos teniendo un funcionamiento normal de sus extremidades superiores, como los parapléjicos, los cuales pueden manualmente impulsar los aros de su silla de ruedas, han experimentado innumerables beneficios por la flexibilidad del diseño plegable.

Para conseguir ligereza y fácil plegado, el diseño Everest & Jennings usó tapicería de vinilo tipo cabestrillo, para reemplazar el asiento y respaldo firme de sus predecesores. Las superficies de soporte colgante a menudo no proveían el grado de soporte necesitado por individuos sin control

de los esfínteres. Como no hay modo de ajustar las superficies de soporte colgante, alteraciones de postura a posiciones diferentes por las impuestas por el asiento son difíciles. El asiento colgante no distribuye muy bien las presiones para aquellos que se deben preocupar por el ataque de ampollas debido al insensible tejido que se encuentra por debajo de las áreas de soporte de peso de la pelvis.



Las sillas de ruedas eléctricas son una aplicación más reciente. Aunque un primer diseño fue patentado en 1940, el uso común de estas no fue sino hasta 1957. En un esfuerzo para ampliar



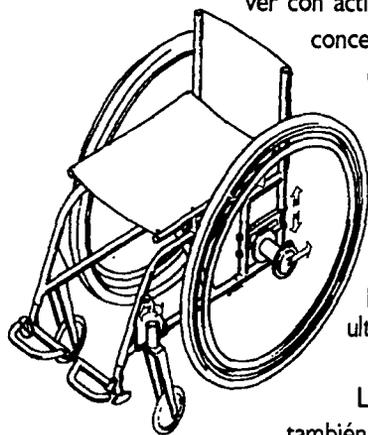
el uso de las sillas de ruedas, motores, controles y baterías de carro fueron incluidas a la silla plegable de Everest & Jennings. Llegando este desarrollo a ser rápidamente el estándar para la industria de sillas motorizadas hasta nuestros días. Aunque la adición de componentes motorizados convierte a la silla de ruedas para todos los propósitos prácticos en algo muy pesado y no plegable, el diseño de la cruceta y el asiento colgante fueron mantenidos.

La silla de ruedas convencional nunca fue diseñada como un producto para transportar gente en camiones o transporte público. En Estados Unidos se crearon leyes para incluir sillas de ruedas en camiones es-



colares sin ningún problema, lo cual resolvió parcialmente el problema, ya que los factores de seguridad siguieron siendo muy pobres, ya que en varias pruebas de simulación de choque, las sillas de ruedas no soportaron las condiciones.

A finales de los setentas una revolución en el diseño de sillas de ruedas comenzó a darse en la industria, creandose entonces la silla de ruedas ultraligera. El ímpetu por el cambio se dio gracias a las necesidades de los atletas discapacitados. Ellos necesitaban tener un alto desempeño y un equipo ligero para ser más competitivos. Esta necesidad desencadenó en una serie de diseños alternativos, los cuales son ahora usados por niños y adultos que no necesariamente tienen que



ver con actividad atlética. Muchos de estos diseños han cambiado el concepto de plegado por cruceta hacia estructuras fijas, fijación de ruedas ajustable y superficies de apoyo firmes. En general, los soportes lumbares se han bajado, lo cual trabaja bien con personas con buena función de las partes superiores del cuerpo, pero aún dejan una necesidad no resuelta para aquellos que requieren un soporte más individual del cuerpo, alivio superficial de la presión, y distribución del cuerpo en otras posturas de las impuestas por las sillas de ruedas ultraligeras comerciales.

La búsqueda de el mejor desempeño por propulsión manual también fomentó a investigadores a el estudio de la biomecánica en las sillas de ruedas y los factores mecánicos de resistencia de rodaje, y nuevos materiales estructurales que puedan guiar a mejorar eficiencia en el movimiento. Estudios más recientes se han hecho en durabilidad de baterías, diseño del tren de poder, configuración de la base, y eficiencia de accesorios de control electrónicos en un esfuerzo para mejorar el desempeño de sillas de ruedas eléctricas.

Como se indicaba, el alivio de presión en el tejido insensitivo, o el alivio de la incomodidad producida por estar sentado períodos de tiempo muy largos es vitalmente importante para buena



parte de la población no ambulante. Daños a la columna espinal pueden dejar a la gente parcialmente o totalmente paralizada de sus extremidades inferiores, así como también pueden quedar sensibles de la parte bajo donde se encuentra la lesión espinal. Las presiones internas, si se prolongan por largos períodos, pueden desencadenar en la obstrucción del paso de sangre hacia los tejidos de soporte. Presiones excesivas combinadas con otros factores, como excesivo calor y humedad, deficiencias nutricionales, y posibles repetidos golpeteos en las áreas mas susceptibles, pueden originar el rompimiento de los tejidos e iniciar ampollas por la presión. Si estas son severas, pueden requerir intervención quirúrgica o incluso, en casos muy extremos, hasta desencadenar la muerte si se presentara infección profunda de los tejidos.



Toda una industria de cojinetes se ha desarrollado, en un intento para resolver estos problemas relacionados con la presión. Una gran variedad de investigaciones tecnológicas han sido abordadas para remover o reducir las presiones en las áreas mas susceptibles de tejidos de soporte pélvico, y otras estructuras óseas. Estos desarrollos comerciales han a la larga tomado la forma de cojinetes que se ponen sobre los asientos colgantes de las sillas de ruedas convencionales. También siendo usados en los nuevos diseños de sillas ultraligeras. El propósito primario de éstos cojinetes ha sido la reducción de presiones entre el usuario y el asiento. Para la mayoría de las personas que usan estos cojinetes, éstos han trabajado muy bien. Sin embargo, muy poco cuidado o interés ha tenido la industria en el diseño de soportes para la espalda.

A mediados de los sesentas, médicos y diseñadores fueron estimulados por las necesidades de otra gran población de personas discapacitadas, princi-



palmente niños con parálisis cerebral, espina bífida, y otras enfermedades congénitas menos comunes. Mucha de ésta población, principalmente aquellos con parálisis cerebral, requerían una postura fija para todo el cuerpo, una característica que no era comercialmente disponible en ese tiempo. Como se indicaba anteriormente, el asiento y respaldo de vinilo tipo colgante, a menudo no proveían el soporte de postura adecuado. Los diseños tradicionales de sillas de ruedas no permitían ajustes independientes a posiciones de segmentos del cuerpo. Muchos individuos tenían actividad muscular involuntaria, lo que hacía que el mantenerse en una postura se tornara difícil. Otros tenían deformaciones pélvicas y espinales por lo que necesitaban apoyos con formas a la medida para proporcionar el apropiado grado de control, soporte y confort.

A partir de los sesentas, la especialidad de asientos y movilidad fue desarrollándose ampliamente como resultado de las necesidades de ésta joven población. El reto del diseño ha sido el desarrollar herramientas de evaluación y diseños comerciales que puedan enfrentar la diversas necesidades físicas y económicas de los usuarios. Hoy tenemos una amplia variedad de sistemas de asientos y marcos, como resultado de un período más productivo de diseño y desarrollo, y la solución de problemas multidisciplinarios. Niños y jóvenes con deficiencias desde mínimas a severas, pueden ahora escoger entre una gran variedad de opciones comerciales. El reto que se esta ahora vislumbrando es el de desarrollar los programas educacionales, y el de la evaluación de herramientas que puedan ayudar a los médicos y consumidores a seleccionar las combinaciones entre ajuste al sentarse y movilidad, que sean las mas apropiadas para las necesidades de un niño o familia específicos.

Más recientemente otros mercados, como los ancianos y aquellos que han sufrido lesiones cerebrales, presentan nuevos retos clínicos y de diseño para aquellos que trabajan en el campo de los asientos y la movilidad. Es estimado que la población de ancianos es por mucho la que mayor consumo de sillas de ruedas y artículos para sentarse presenta en el mercado. El manejo de ancianos en hospitales, asilos, y en la comunidad a menudo representa largos períodos de tiempo en los que tienen que estar sentados. Las sillas de ruedas tradicionales cubren las necesidades de una porción



de esta población, especialmente si su problema es únicamente temporal o si solamente su uso es de medio tiempo. Sin embargo, la falta de soporte apropiado del cuerpo, la formación de ampollas por la presión, y la incomodidad general son significativos problemas que aún se encuentran remanentes, y que no han sido resueltos por los servicios tecnológicos proveídos para este enorme grupo.

La rehabilitación de personas con lesión cerebral, la mayoría de las cuales son jóvenes, genera otro tipo de requerimientos clínicos y comunitarios para tecnología de asientos y movilidad. La fase de rehabilitación temprana esta a menudo marcada por cambios rápidos en la habilidad de la persona para controlar sus movimientos y postura. La prevención de deformaciones que puede resultar por actividad muscular asimétrica puede ser otro requerimiento. Su necesidad por independencia de movilidad puede presentar un reto especial, principalmente cuando la función de la parte superior está severamente afectada y la propulsión manual puede o no ser un resultado funcional. Diseños de investigación y soluciones clínicas están ahora comenzando a desarrollarse. Las pruebas con prototipos son evidentes en un gran número de centros de investigación. En los siguientes años se realizarían un vasto número de soluciones tecnológicas para la población con lesiones cerebrales.

Desarrollos tecnológicos paralelos también están ocurriendo rápidamente. Desarrollos en cuanto al campo de interfaces de computación, están también aumentando los niveles funciona-



Carro eléctrico para discapacitados



les de muchas personas que usan equipo especializado relacionado con asientos y movilidad. Finalmente, herramientas para diseñadores están emergiendo en forma de datos antropométricos de gente discapacitada y estándares para sillas de ruedas.

Aún así con todos estos avances tecnológicos no se ha podido remotamente desarrollar una silla de ruedas que reúna estos avances con un precio razonablemente económico, más importante aún si estamos hablando de un mercado que esencialmente es de clase media a baja.

Es curioso pero mientras más avances en desarrollo tecnológico se presentan, más caras son las sillas de ruedas, lo que nos lleva a pensar en que tal vez estos esfuerzos no han sido encaminados correctamente.

Los esfuerzos en **EQUIPLAST** han sido dirigidos al aspecto económico, por lo que se pone un énfasis principalmente en materiales, procesos de producción y optimización de piezas. No olvidando por supuesto el seguir, y en su caso mejorar los estándares ergonómicos, de confort y seguridad, así como la duración de los componentes que lo conforman.



Historia



## ÁREA DEL MERCADO

### Clasificación de los enfermos físicos motrices

El mercado al que **EQUIPLAST** está destinado, es un mercado que se subdivide en los siguientes grupos básicos:

- A.** Personas con lesiones temporales, como pueden ser individuos con tratamientos ortopédicos, con fracturas, etc.
- B.** Personas de avanzada edad que por su estado precisen del uso de una silla de ruedas.
- C.** Personas hemipléjicas:

La hemiplejía es la parálisis en sentido vertical del lado del cuerpo producida por una lesión cerebral del lado contrario.

- D.** Personas parapléjicas:

La paraplejía es el resultado de una lesión medular que produce fundamentalmente parálisis de la cintura para abajo, de toda la mitad inferior de el cuerpo incluidas las piernas. La parálisis es el síntoma básico que le da nombre (paraplejía, palabra derivada del griego, quiere decir parálisis de las dos extremidades inferiores) pero lleva asociados otros síntomas tales como pérdidas de la sensibilidad y alteraciones en el control de esfínteres.

- E.** Personas tetrapléjicas:

Es la misma situación anterior pero con la parálisis y la falta de sensibilidad aproximadamente desde el nivel del cuello, es decir, abarcando las cuatro extremidades.

- F.** Personas mutiladas:

Es la pérdida parcial o total de alguna de las cuatro extremidades, ya sean brazos o piernas.

Todas estas personas precisan del uso de una silla de ruedas, las personas con parálisis cerebral (que no tienen control de los miembros de su cuerpo), quedan fuera del mercado. Dado que para éste grupo se requieren accesorios muy específicos que inmovilizan el cuerpo.

## Comportamiento de la demanda y oferta.

Lamentablemente la cifra de las personas discapacitadas va en creciente aumento, por lo que es necesario el mejorar su confort. Al igual que en muchos aparatos de éste tipo, existe gente que no puede pagar esta necesidad, por lo cual se crearon asociaciones encargadas de ayudar de una manera altruista, como lo hace la Asociación Nacional de Rehabilitación Integral A.C., la cual, según sus recuentos, presenta una demanda de por lo menos 250 sillas de ruedas al mes, de personas que no tienen los recursos para pagarlas.

Por otro lado, existe una demanda creciente por parte de gente de mayores recursos de mejores sillas de ruedas, ya que una silla de bajo precio no tiene una vida útil de más de 5 años, al paso de los cuales se requiere comprar otra nueva, no siendo así el caso de **EQUIPLAST**, ya que gracias a su diseño y materiales, se puede cambiar únicamente la pieza averiada, no teniendo así que comprar todo un módulo completo por la descompostura de una pieza.

La oferta por su parte ofrece las mismas sillas desde hace años sin intentar un cambio radical en la producción de las mismas, no dando así opción al usuario a comprar otra silla que la que más se apegue a sus necesidades básicas de transportación o de precio.

Es importante destacar que se requieren sillas en las que el discapacitado pase a formar parte útil y productiva de la sociedad, ya que sus mismas limitaciones propician que éste se encierre y evite el contacto social, más aún, (dados los altos precios) si éste no tiene una silla adecuada o, en el peor de los casos, si no tiene siquiera para comprar una, como le sucede a una gran mayoría en México.

## Punto de venta

Gracias a que el diseño es plegable y desarmable, se propone que la venta de **EQUIPLAST** se realice en supermercados como Aurrera, Carrefour, Wal-Mart, Gigante, etc. También se propone su venta en casas de ortopedia.

## DATOS ESTADÍSTICOS

Desafortunadamente no existen datos estadísticos (ni en INEGI, ni en BANCOMEXT, ni en las diversas asociaciones de discapacitados que existen en México) de la cantidad de sillas de ruedas que se venden en el país, ni de el número de discapacitados, pero sí las estadísticas de importaciones y exportaciones desde el año de 1991.

Mundialmente se estima que medio millón de personas se suman anualmente a las listas de personas discapacitadas, ya sea por enfermedad o por lesión. (Arthur JK. *Employment from the Handicapped*. New York; Abingdon Press, 1967). Un estudio de mercado de la compañía Everest & Jennings, indica que el mercado global de sillas de ruedas oscila entre los 775 millones de dólares anuales.

En Estados Unidos existen alrededor de 750,000 personas que usan sillas de ruedas, y se venden un aproximado de 250,000 al año. En Alemania existen unas 180,000 personas que usan sillas de ruedas, y se ponen a la venta en el mercado aproximadamente 50,000 sillas anuales (W. Lesser 1986). Y en Holanda se venden anualmente un estimado de 10,000 sillas.

Otras compañías como *ORTOPEDIA*, vende anualmente aprox. 60,000 unidades. Y Everest & Jennings una de las empresas más grandes de sillas de ruedas en el mundo vendió en 1993 \$ 61,750,000.00 dólares, en 1994 \$ 63,819,000.00 dólares y en 1995 \$ 59,762,000.00 dólares (aproximadamente 250,000 sillas de ruedas anuales).

En México la compañía Everest & Jennings Mexicana vendió 75,000 sillas de ruedas estándar en 1996.

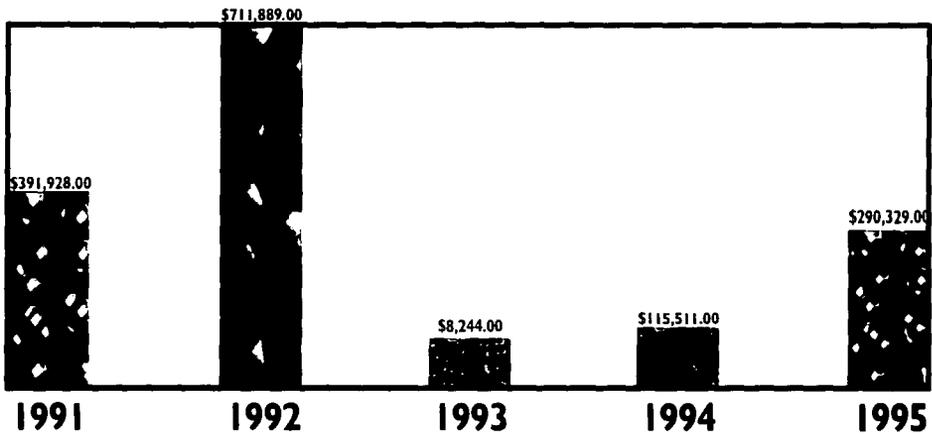
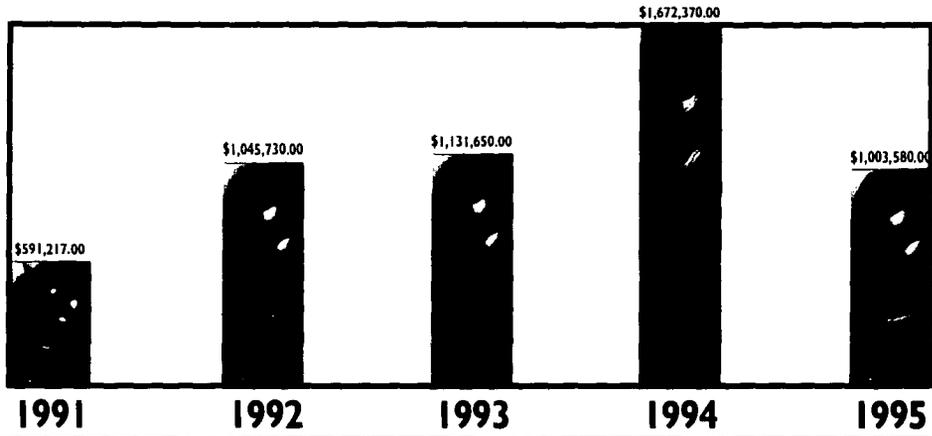
El volúmen estimado de ventas anuales de **EQUIPLAST** pretende ser de 36,000 sillas, cifra razonable si consideramos que Everest & Jennings realiza sus ventas únicamente en tiendas de especializadas de ortopedia, mientras que **EQUIPLAST** cubriría tiendas departamentales. Además de que el costo por unidad promedio es por lo menos un 50% menor que las sillas convencionales.

**EXPORTACIÓN DEFINITIVA 1991-1995**  
**BANCOMEXT**

PAIS	1991		1992		1993		1994		1995	
	Valor (dólares)	Unidades	Valor (dólares)	Unidades	Valor (dólares)	Unidades	Valor (dólares)	Unidades	Valor (dólares)	Unidades
Canadá	0	0	0	0	0	0	0	0	17,949	56
Colombia	0	0	3,723	4	0	0	0	0	0	0
Costa Rica	0	0	5,946	22	0	0	52,420	286	1,104	3
Cuba	0	0	3,083	73	512	2	852	11	10,330	12
Chile	0	0	0	0	1,486	6	0	0	0	0
Estados Unidos	382,035	2708	691,092	2,925	1,482	1	58,962	433	255,976	1,476
Guatemala	8,935	2	8,045	31	0	0	2,914	15	4970	30
Nicaragua	958	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Panamá	0	0	0	0	4744	9	0	0	0	0
Perú	0	0	0	0	0	0	363	2	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>\$391,928</b>	<b>2731</b>	<b>\$711,889</b>	<b>3055</b>	<b>\$8,224</b>	<b>18</b>	<b>\$115,511</b>	<b>747</b>	<b>\$290,329</b>	<b>1577</b>

**IMPORTACIÓN DEFINITIVA 1991-1995**  
**BANCOMEXT**

PAIS	1991		1992		1993		1994		1995	
	Valor (dólares)	Unidades								
Alemania	1,288	1	850	1	0	0	16	1	27,237	1,054
Argentina	0	0	11,381	130	7,587	4	0	0	0	0
Bélgica	0	0	13	2	0	0	0	0	0	0
Canadá	1,642	61	7,368	9	28,231	62	42,908	3	27,598	4
China Nacionalista	42,679	522	117,747	834	73,872	194	225,110	721	102,353	388
China Popular	0	0	0	0	95,183	1,206	348,001	182	76,313	125
España	0	0	7,640	27	736	3	1,207	6	5,374	2
Estados Unidos	540,424	3,778	888,905	5,552	880,626	5,552	1,015,252	4,215	758,452	9,090
Holanda	0	0	403	3	2,511	3	0	0	0	0
Hong Kong	0	0	9,797	126	38,040	608	28,767	11	0	0
Indonesia	0	0	0	0	0	0	7,722	451	5,727	153
Italia	0	0	0	0	50	1	0	0	0	0
Japón	0	0	1,632	3	0	0	1,206	1	533	1
Nueva Zelandia	0	0	0	0	0	0	2,182	1	0	0
Panamá	0	0	0	0	210	1	0	0	0	0
Suiza	5,184	1	0	0	4,609	2	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>\$591,217</b>	<b>4,363</b>	<b>\$1,045,736</b>	<b>6,687</b>	<b>\$1,131,655</b>	<b>7,636</b>	<b>\$1,672,371</b>	<b>5,592</b>	<b>\$1,003,587</b>	<b>10,817</b>



Snitiv

## EL PRODUCTO EN EL MERCADO

Actualmente existen en el mercado muchas marcas de sillas de ruedas que abarcan diferentes necesidades, las principales marcas son las siguientes:

### **Importadas:**

**A** Everest & Jennings

**B** Invacare

**C** Tuffcare

**D** Jaken

**E** Ortopedia

### **Nacionales:**

**A** Adas

**B** Nova

**C** Trejo

Además de las mencionadas se encuentra un gran número de sillas sin marca que se distribuyen en la república, las cuales son de muy mala calidad. Entre éstas se encuentran las que distribuye el Departamento del Distrito Federal que son las más baratas del mercado con un precio de N\$980.00 (acabado esmalte, no incluyen descansabrazos ni perneras desmontables), y por el otro extremo tenemos una de las más caras, marca Tuffcare (importada de Francia) la cual incluye muchas comodidades, pero tiene un precio de alrededor de N\$20,000.00, lo cual la convierte en un verdadero lujo.

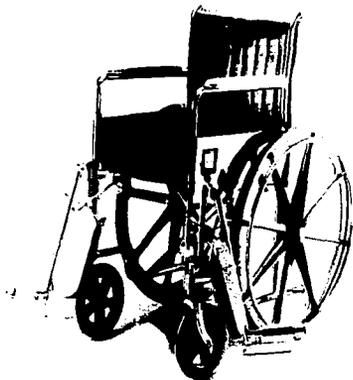
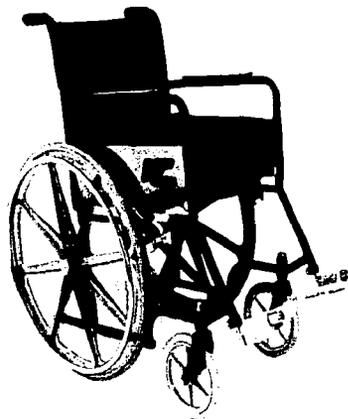
También existen lugares de renta o alquiler, lo cual es muy práctico cuando no se va a requerir del uso de la silla más que por un periodo corto de tiempo.



## TIPOS DE SILLAS DE RUEDAS

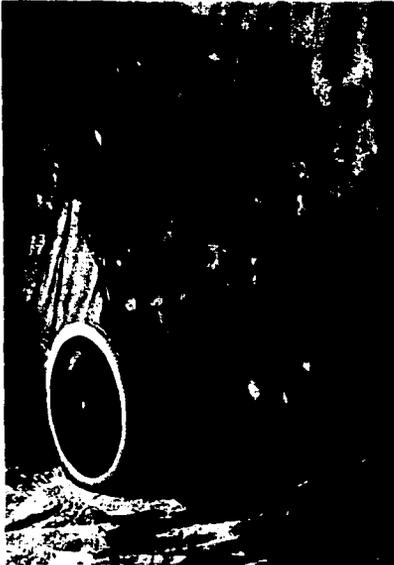
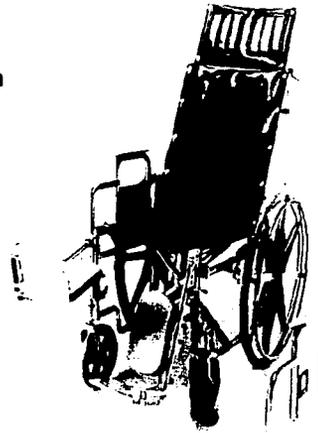
Dentro de las diversas marcas que se encuentran en el mercado existen 5 tipos de sillas de ruedas con distintas características y accesorios según las necesidades del usuario:

- A.** De perneras fijas (las perneras es el apoyo para descansar las piernas).



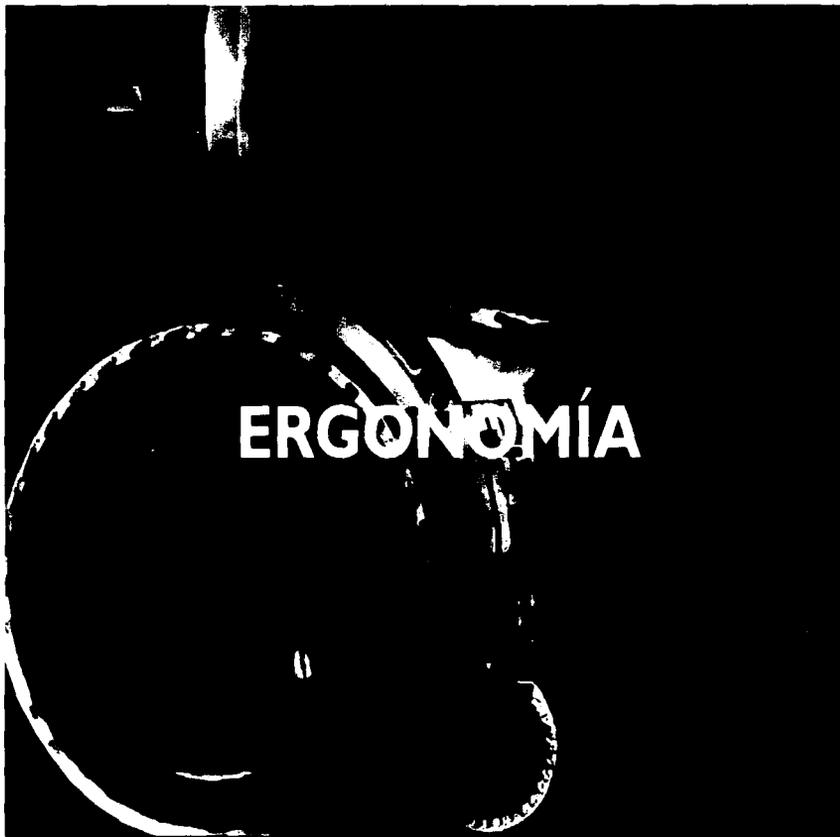
- B.** De perneras ajustables, especial para personas con piernas enyesadas arriba de la rodilla y que por esta, o cualquier otra razón tienen que mantener las piernas en una posición recta.

**C.** De perneras ajustables y con respaldo alto también ajustable y reclinable.



**D.** Especial para personas con parálisis cerebral. Además de incluir todos los aditamentos anteriores, incluye acolchonamientos laterales y sujetores (correas) para evitar que la persona se golpee contra la silla, y sustentores en el respaldo para evitar la deformación de la columna.





1988

1989

1990

Es probable que una de las razones por las que el diseño para discapacitados ha permanecido tan olvidado, es por que los estándares antropométricos para estos grupos, prácticamente no existen, por lo cual la información tiene que provenir de la investigación y deducción del diseñador, basándose en diferentes publicaciones de todo tipo. Por ejemplo los diseñadores Pascal Malassigne y James Bostrum descubrieron que generalmente el tamaño de los discapacitados con los que hicieron sus investigaciones era menor que en sujetos normales ( Henry Dreyfuss, *Great Product Design*. 1990, Edit. The Library of Applied Design). Normalmente este tipo de información no está disponible para los diseñadores (y menos en México), por lo cual resultan con frecuencia diseños antropométricamente incorrectos, lo que sugiere que cuidadosas investigaciones antropométricas son parte integral en el diseño para discapacitados físicos.

## PRONÓSTICO DE USO

Para hacer la selección adecuada de la silla de ruedas el médico debe considerar meticulosamente el pronóstico del paciente. Este pronóstico se realiza preeviendo el desarrollo de la enfermedad y consiste de un examen físico-clínico, al que debe someterse el paciente. Por ejemplo, en la distrofia muscular progresiva se puede anticipar la debilidad futura del tronco, por lo que seleccionará una silla con el respaldo semireclinable. La debilidad del tronco puede compensarse con un respaldo semireclinable o reclinable. En pacientes con debilidad del cuello se añadirá al respaldo de la silla una extensión de cabeza. Los pacientes que han estado en cama durante períodos prolongados a los que tienen hipotensión postural tal vez necesiten una silla semireclinable durante las etapas iniciales de su programa de rehabilitación. La elevación de los pies y el descanso de las piernas son de utilidad en afecciones complicadas con flexión incompleta de la rodilla o edema dependiente. La mayoría de los pacientes se encuentran más cómodos utilizando un almohadón de cualquier tipo. La presencia de pérdida sensorial desde la vértebra L5 hacia abajo requerirá el empleo de un almohadón de espuma de poliuretano de un grosor óptimo de 4 pulgadas y en forma de herradura, etc.

## Análisis de Uso

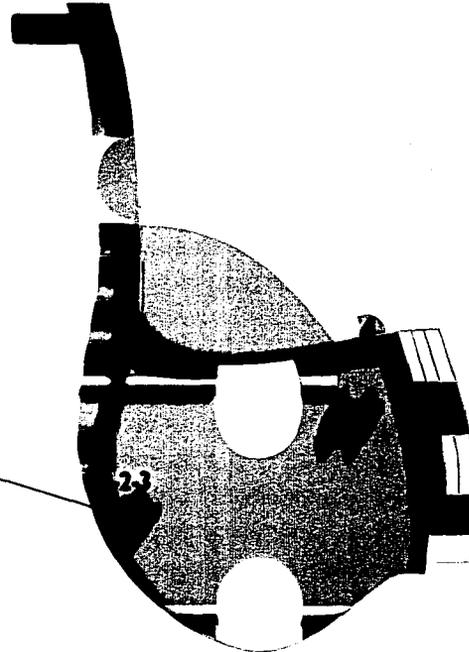
La silla de ruedas **EQUIPLAST** es mucho más fácil de usar, debido a que tiene menor número de piezas y por la forma de ensamblar sus componentes básicos.

El módulo general, a diferencia de los cuadros de sillas convencionales, está hecho de una sola pieza, (las sillas convencionales usan por lo menos 12 piezas que se tienen que soldar o atornillar) por lo que su uso se simplifica en gran medida, ya que se tiene que manipular menor número de piezas. El módulo general es la única pieza que se interconecta con todas las demás, por lo que en lo sucesivo se analizará el uso de las otras piezas y su interrelación con el módulo.

I. Lo primero que debe de hacer el usuario es ajustar el eje de la llanta en uno de los tres orificios designados para definir su centro de gravedad, que se encuentran en el módulo general, dependiendo de cada caso particular. Por ejemplo si la persona es amputada, el eje de la llanta se deberá colocar en el orificio mas cercano a la parte trasera de la silla (1), ya que la mayoría del peso de la persona va a estar concentrado más atrás.



Ejes de centro de gravedad.





**2.** El usuario necesita autopropulsarse por medio de el aro, cuyo diámetro es el adecuado para una mejor prensión, además de que incluye una textura que ayuda a evitar derrapes. En caso de que la propulsión fuera ejecutada por otra persona asistente, se usarán las barras de empuje, que se encuentran en la parte posterior de la silla, éstas barras ayudan tanto a la propulsión, como a levantar la silla para subir desniveles.

**3.** La silla incluye llantas neumáticas que ayudan a evitar golpeteos mientras se circula por la superficies irregulares.



4. Para ascender y descender fácilmente a la silla es conveniente tener descansabrazos abatibles, los cuales se retiran levantándolos con las manos y empujándolos hacia atrás. Los descansabrazos tienen una silueta curva a manera de tener un mejor acercamiento a superficies como mesas y escritorios. Normalmente la abatibilidad es recomendable cuando se necesita bajar de la silla de ruedas lateralmente, como en inodoros, o en el traslado de silla de ruedas-cama (y viceversa en todos los casos), silla de ruedas-automóvil, silla de ruedas-sillón, silla de ruedas-asiento para ducha, etc.



1



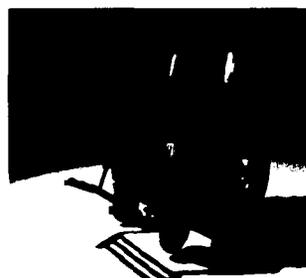
2



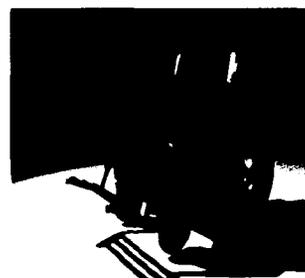
3



4

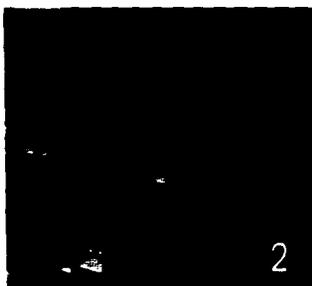
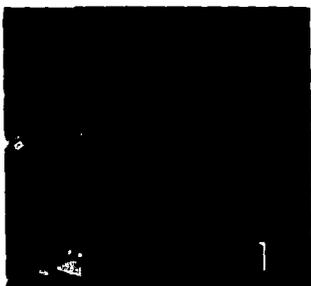


5

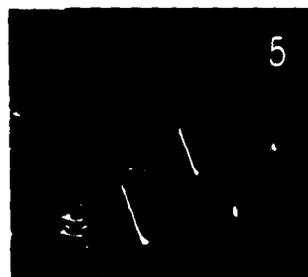
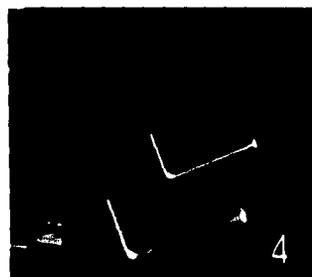


6





5. Las perneras son ajustables y desmontables. Para ajustar la pernera el usuario tiene que quitar el tornillo de sujeción y recorrer la pieza móvil hasta la altura deseada. Para desmontar la pernera, sólo hay que quitar el apoyo piés y levantar el conector, para después jalarlo hacia afuera.

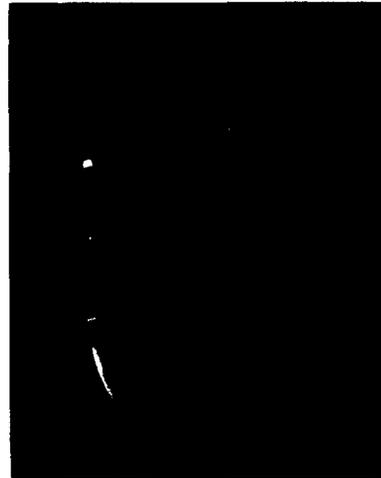
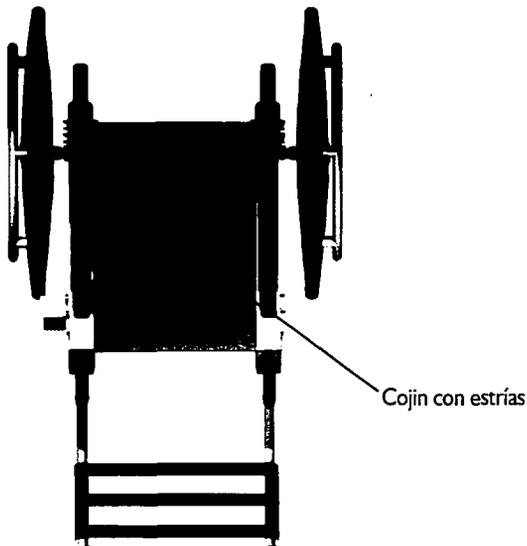


6. En algunas ocasiones se tiene que aplicar el freno, normalmente éste se usa como seguro cuando se está sobre planos inclinados, pero también se puede usar para frenar cuando se va a una velocidad considerable, aunque generalmente se realiza con el aro de propulsión.



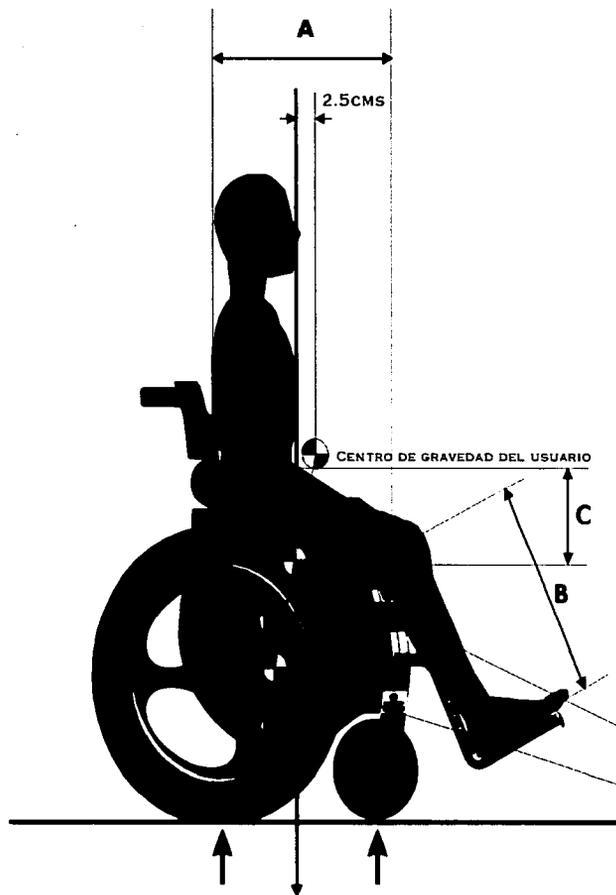
7. Para plegar la silla, se desmonta el apoya pies, posteriormente se sujeta con ambas manos de los descansabrazos , y se cierra. La plegabilidad sólo es útil cuando se necesita transportar la silla en automóvil o cuando se necesita guardar en espacios reducidos.

8. Dado que cada problema de discapacidad es diferente, existen diversos tipos de cojinetes a la medida que pueden ser añadidos a el asiento, aún así el cojín incluido puede ser usado directamente, ya que incluye un acolchonado, que permite una ventilación adecuada, gracias a las estrías que presenta en sus superficie.



9. A diferencia de las sillas convencionales se evitó tener esquinas agudas para evitar accidentes, ya que se dan los casos en que el usuario en el momento de subir o bajar de la silla cae encima de ésta. Los materiales en los que la silla se realizó son menos duros que un tubular de acero (como se da en todos los casos de sillas de ruedas convencionales), evitando así el riesgo de un golpe fuerte.





### Población Adulta Estadounidense

Medida	Percentil	Cms.
<b>A</b> Largura nalga-poplíteo	5	Mujer 44.0
<b>B</b> Altura poplítea	5 95	Mujer- Hombre 35.13 47.63
<b>C</b> Altura codo reposo	5 95	Mujer- Hombre 17.57 27.37

Fuente: *Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency*  
 Autores: Karl Kroemer, Henrike Kroemer y Katrin Kroemer.  
 Edit. Prentice Hall International Series in Industrial and Systems  
 Engineering. 1994.

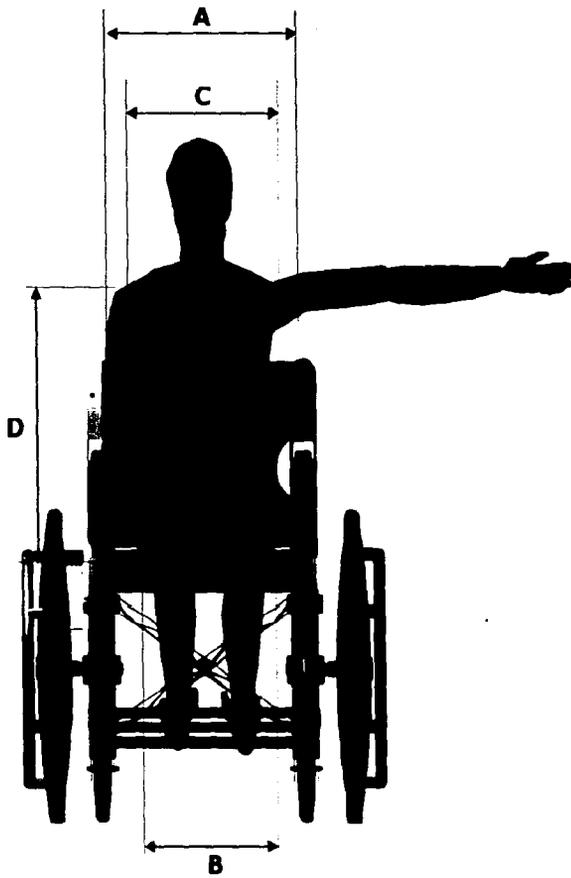
### Población Adulta Española

Medida	Percentil	Cms.
<b>A</b> Largura nalga-poplíteo	5	Mujer 43.2
<b>B</b> Altura poplítea	5 95	Mujer- Hombre 35.6- 49.0
<b>C</b> Altura codo reposo	5 95	Mujer- Hombre 18.0- 29.5

Fuente: *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*  
 Autores: Julius Panero y Martin Zelnik. Edit. Gustavo Gili. 1987

CENTRO DE GRAVEDAD DEL USUARIO Y SILLA

CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SILLA



### Población Adulta Estadounidense

Medida	Percentil		Cms.
<b>A</b> Anchura hombros	95	Hombre	-----
<b>B</b> Anchura caderas	95	Mujer	43.22
<b>C</b> Anchura codo-codo	95	Hombre	62.06
<b>D</b> Altura hombro	5	Mujer	50.91

Fuente: *Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency*  
 Autores: Karl Kroemer, Henrike Kroemer y Katrin Kroemer.  
 Edit. Prentice Hall International Series in Industrial and Systems  
 Engineering. 1994.

### Población Adulta Española

Medida	Percentil		Cms.
<b>A</b> Anchura hombros	95	Hombre	48.3
<b>B</b> Anchura caderas	95	Mujer	40.4
<b>C</b> Anchura codo-codo	95	Hombre	50.5
<b>D</b> Altura hombro	5	Mujer	45.7

Fuente: *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*  
 Autores: Julius Panero y Martin Zelnik. Edit. Gustavo Gil. 1987

## FACTORES IMPORTANTES EN LA SELECCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS

Las siguientes características son recomendables en una silla de ruedas:

- A** Alto grado de durabilidad o en su defecto economía.
- B** Facilidad de plegado.
- C** Fácil propulsión.
- D** Frenos.
- E** Ruedas frontales de 8 pulgadas.
- F** Apoya brazos desmontables.
- G** Apoya pies desmontables.

### Silla de ruedas eléctrica



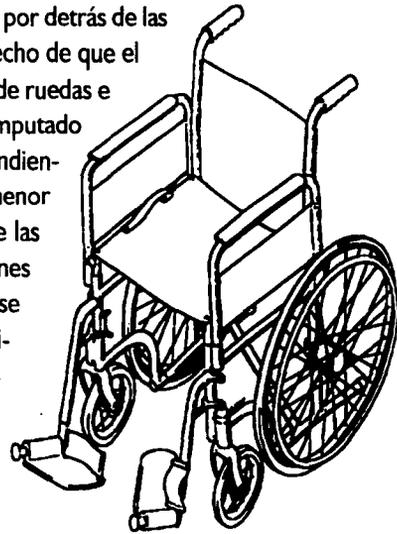
Se selecciona una silla de ruedas eléctrica para individuos con tetraplejía a un nivel alto y para otras personas que sean incapaces de impulsar una silla de ruedas estándar o que requerirían de una cantidad de energía excesiva para ellos. Algunos modelos son pequeños y maniobrables, con asiento acojinado o moldeado y una varilla central para el control. Otros son similares a una silla de ruedas estándar con una caja de control situada al lado derecho o izquierdo cerca del apoyo para el brazo. En la parte superior de la caja hay una varilla que se empuja en la dirección que el paciente desea que se desplace la silla. La velocidad puede ser proporcional a la presión aplicada



a la varilla, o ser seleccionada previamente mediante un microinterruptor si se considera que el usuario puede tener dificultad para controlar una velocidad proporcional. En el caso de la personas incapaces de usar un control para la mano o los dedos, se puede operar una silla de motor mediante un control con la boca, el pie, la barbilla o de otro tipo.

## Silla de ruedas estándar

Se selecciona una silla de ruedas estándar si una persona es capaz de impulsar la silla de ruedas de manera independiente. Se cuenta con tres tipos de armazón cuando hay que seleccionar una silla de ruedas estándar. El armazón para exteriores, que tiene grandes ruedas posteriores y ruedas chicas delanteras, es el que resulta adecuado con mayor frecuencia. Es el tipo más maniobrable, más fácil de impulsar, y permite la inclinación necesaria para las banquetas. Se ha diseñado un armazón especial para el individuo que ha sufrido amputación de la extremidad inferior; el eje posterior es equilibrado por detrás de las grandes ruedas posteriores. Este diseño se adapta al hecho de que el peso de la persona está distribuido más atrás en la silla de ruedas e impide que ésta se incline hacia atrás. La silla para amputado puede ser ordenada con o sin apoyo para los pies, dependiendo si se esta usando o no miembros artificiales. Con menor frecuencia se escoge un armazón para interiores; tiene las ruedas grandes enfrente y las pequeñas atrás. En ocasiones la persona prefiere o necesita esta silla para interiores si se le dificulta alcanzar las ruedas posteriores debido a limitaciones en la gama de movimientos. Rueda sobre umbrales de puertas y bordes de alfombras con mayor facilidad, pero resulta impráctica para las banquetas y estorba para transferir al paciente.



La construcción del armazón se selecciona para adecuarlo al nivel esperado de actividad del usuario. La construcción para trabajo pesado es para uso rudo por personas de gran peso. Una silla ligera tiene la mitad del peso de una silla estándar y requiere de menos energía para impulsarla o para meterla y sacarla de un auto; es adecuada para personas moderadamente activas. Una silla ligera tradicional para trabajo activo combina diseño y durabilidad con metales ligeros para proporcionar un aparato para personas muy activas cuando se requiere un uso rudo y maniobrabilidad. Se cuenta también con armazones para usos especiales, el modelo deportivo tiene respaldo bajo y características de seguridad para uso activo en deportes de competencia. Se dispone de un armazón para exteriores en construcción estándar o ligera, con el asiento más bajo para el paciente hemipléjico que utiliza una pierna para ayudar a impulsar la silla de ruedas. Una silla de ruedas para ser impulsada con un sólo brazo tiene ambos aros para las manos del mismo lado, de modo que se pueden controlar ambas ruedas simultáneamente o de manera individual en el caso del paciente que opera la silla con una sola mano.

## **Tamaño del paciente.**

Las sillas de ruedas pueden proporcionarse en tres tamaños :

- 1 Tamaño estándar adulto. Útil para la mayoría de los adultos;
- 2 Intermedia o junior. Para adultos pequeños o adolescentes;
- 3 Infantil que es ideal para niños de hasta seis años.

Las sillas de *crecimiento* se encuentran disponibles para los pacientes situados en el periodo de rápido crecimiento, de los seis a los doce años.

En la determinación del tamaño de la silla de ruedas, las dimensiones críticas son el ancho y la profundidad del asiento, la altura del asiento desde el suelo, los descansabrazos, situados a una altura tal que permitan el cómodo descanso de los antebrazos del paciente sin caída o aducción excesiva del hombro y los descansa pies ajustables para proporcionar la distancia ideal de la fosa



poplítea a los talones. El peso del paciente ha de repartirse sobre la mayor superficie posible de la piel. En algunos casos raros tal vez se precisen tamaños a medida.

## **Anchura del asiento**

Esta medida se toma al nivel de las caderas o de los muslos, en la parte más ancha. Después se agregan 5 centímetros para dejar un espacio de 2.5 cms. a cada lado. Esto evitará el roce contra los lados de la silla y facilitará las transferencias del paciente, aunque manteniendo la silla lo más angosta posible para facilitar la propulsión y la accesibilidad a través de los quicios de las puertas.

## **Profundidad del asiento**

Esta medición se toma desde atrás de los glúteos, a lo largo del muslo, hasta el pliegue por detrás de la rodilla. Después se quitan de 5 a 7.5 cms. para evitar que el cojín presione dentro del hueco poplíteo aunque dejando suficiente profundidad para apoyar los muslos y distribuir el peso.

## **Altura del asiento**

La longitud de la pierna se mide desde abajo de la porción distal del muslo hasta el tacón del zapato. La altura necesaria del asiento se determina agregando 5 cms. a dicha medida. Esto permitirá un espacio de 5 cms. entre el apoyo para el pie y el piso, a fin de poder librar los umbrales de las puertas, los desniveles y las superficies disperejas.

Si se va a utilizar un cojín para el asiento éste aumentará la altura. Es frecuente que se utilice cojín, y muchas personas es todo lo que necesitan para aumentar la altura del asiento lo suficiente para poder ajustar los apoyos para los pies a una altura adecuada. Se dispone de asientos de altura especial para individuos sumamente altos. Además de tener una altura mínima sobre el piso de 5 cms., el apoyo para el pie debe ajustarse de manera que la porción distal del muslo del paciente se

encuentre unos 2.5 cms. por encima de la parte delantera del asiento o cojín a fin de evitar presión en esa región. Es importante que los apoyos para los pies no estén colocados más altos que lo necesario para lograr el espacio libre indicado bajo el extremo distal de muslo, y evitar que el peso del cuerpo esté distribuido de manera no uniforme en la silla, ocasionando que se ejerza más presión sobre las tuberosidades isquiales, un sitio de predilección para las úlceras de decúbito.

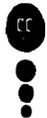
### **Altura del apoyo para el brazo**

La altura del brazo se mide desde el asiento hasta el codo que se encuentra flexionado a 90 grados. Después se agregan 2.5 cms. para determinar la altura del apoyo para el brazo. Con esta altura el brazo se apoya cómodamente sin propiciar una postura agachada si estuviera demasiado bajo o la elevación de la escápula si se encontrara demasiado alto.

### **Altura del respaldo**

La medición se efectúa desde el asiento hasta la axila; después se restan diez centímetros para determinar la altura adecuada del respaldo. La tendencia actual es a disminuir la altura del respaldo a fin de aumentar la libertad del brazo y la capacidad funcional cuando la fuerza del tronco permite reducir el apoyo para la espalda.

Estas mediciones se comparan entonces con el tamaño de los modelos estándar diseñados para satisfacer las necesidades de la mayoría de las personas, y se selecciona una silla de ruedas de tamaño correcto para el paciente en particular. Si se requieren modificaciones para cualquier dimensión, estas pueden ajustarse, pero resultan caras.



## CARACTERÍSTICAS Y ACCESORIOS

Se pueden seleccionar muchas características y accesorios para una silla de ruedas estándar de acuerdo con las necesidades del paciente. Se debe poner atención a la elección de los tipos de ruedas pequeñas, estilos de descansa brazos, apoyos para los pies o las piernas, y accesorios para la seguridad o para cubrir necesidades especiales.

### Ruedas pequeñas

Las ruedas pequeñas colocadas al frente del armazón de la silla de ruedas para exteriores pueden obtenerse con un diámetro de 5 u 8 pulgadas. Las mayores son las que se seleccionan con mayor frecuencia ya que son más estables y ruedan con mayor facilidad sobre diversas superficies. Se cuenta con seguros para este tipo de ruedas a fin de evitar que rueden mientras se transfieren al paciente. Se dispone de ruedas que se colocan más adelante para aumentar la estabilidad. Se pueden ordenar protectores de caucho para cubrir el eje de la rueda a fin de proteger los tobillos si se utilizan una o ambas piernas para impulsar la silla.



### Apoyos para los brazos

Los apoyos para los brazos pueden estar fijos a la silla de ruedas o bien ser desmontables, a fin de poder quitarlos para transferir al paciente. La silla de ruedas con brazos fijos es más ligera y estrecha que la de brazos desmontables, pero requiere que la transferencia del paciente se haga por el frente. Se construyen brazos desmontables plegadizos para evitar aumentar la anchura de la silla de ruedas, pero se sacrifica la capacidad de intercambiarlos o invertirlos. Se dispone de un brazo estilo escritorio; el brazo es bajo por delante con una pequeña área acolchada en la parte posterior para apoyar el brazo del paciente. El diseño permite meter la silla de ruedas bajo el



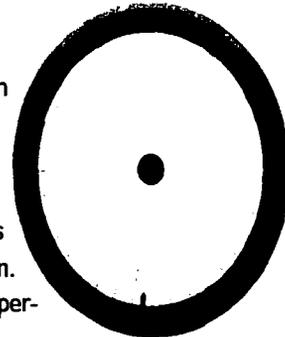
borde de una mesa o escritorio a fin de que la persona quede más cerca de éstas superficies. Los seguros para los apoyos desmontables para el brazo evitan que se zafen accidentalmente cuando el paciente los utiliza para apoyarse al cambiar de posición o al meter o sacar la silla en un auto.

## **Apoyos para los pies**

Los apoyos para los pies pueden ser fijos o desmontables. Los apoyos desmontables y giratorios permiten un mejor acceso a la cama, el baño u otras superficies. Los apoyos desmontables resultan esenciales para poder transferir al paciente a la tina de baño y para otro tipo de transferencias donde no resulta factible un acercamiento lateral y el apoyo para los pies impediría acercarse a la superficie de transferencia. Se requieren apoyos que puedan ser elevados si la silla es de tipo reclinante o si la incapacidad del paciente requiere la elevación de una o ambas piernas. El apoyo cuenta además con un soporte para la pierna, de modo que ésta pueda apoyarse al ajustar la altura de elevación. Los apoyos para elevación de las piernas pueden ordenarse fijos o bien desmontables y giratorios si es importante el aproximarse a ciertas superficies, así como para facilitar la transferencia del paciente y el transporte de la silla en un auto.

## **Tipos de llantas**

Las ruedas, tanto las grandes como las pequeñas se encuentran disponibles en tres tipos: sólidas, semineumáticas o neumáticas. Las llantas neumáticas son similares a las de las bicicletas, proporcionan un reborde amortiguador para facilitar el uso de la silla en exteriores rugosos, sin embargo, pueden desinflarse. Las llantas semineumáticas también ablandan el recorrido, pero no se desinflan. Si la silla de ruedas se usa primordialmente en interiores o sobre superficies lisas son más adecuadas las llantas sólidas.



## Placas para los pies

Las placas para los pies son estándar en todas las sillas de ruedas, pero pueden seleccionarse características o accesorios especiales. Se dispone de diversas medidas para ampliar el tamaño del pedal hacia adelante o hacia atrás. Se ordenan placas para el pie recubiertas de plástico, asas para el talón, o apoyos metálicos para el talón si el pie de la persona tienen tendencia a salirse de los pedales. Pueden necesitarse asas para los dedos o tiras para los tobillos en pacientes con espasmos o movimientos involuntarios a fin de mantener sus pies en los pedales. Las placas rebotantes para los pies tienen una acción de resorte que ayuda a elevar los pedales. Se pueden ordenar placas para los pies con un ángulo de ajuste para proporcionar apoyo al pie cuando el ángulo del tobillo constituya un problema. Diversos estilos de correas para el talón o un tablero para apoyar la pierna pueden fijarse al poste de los apoyos para los pies por detrás de los talones o las pantorrillas, ayudando a mantener las piernas en posición sobre los apoyos.

## Accesorios especializados.

Pueden necesitarse otros accesorios por seguridad, conveniencia, o necesidades especiales. Un *Grade-Aid* es un accesorio que se coloca bajo el freno para usarse al ascender declives. Se libera cuando la silla es empujada hacia adelante y frena contra la rueda cuando se deja de empujar a fin de evitar que la silla pierda terreno al deslizarse hacia atrás al subir por una rampa o declive. El *Grade-Aid* se desconecta cuando la silla es impulsada a nivel o cuesta abajo. Las extensiones para las palancas de los frenos permiten poner y quitar los frenos cuando el paciente no puede alcanzar las palancas de tamaño estándar. En los pacientes debilitados, el aumento en la longitud de la palanca reduce la fuerza requerida. Con frecuencia se ordena una extensión para el freno del lado afectado en el caso de un paciente hemipléjico para facilitar alcanzar el freno puesto con la mano no afectada. Si la inclinación de la silla de ruedas hacia adelante constituye un riesgo, puede agregarse un estabilizador delantero por delante de las ruedecillas delanteras, que sirve para

frenar contra el piso si la silla se inclina hacia adelante. También se pueden agregar dispositivos contra la inclinación a las proyecciones en la parte posterior del armazón de la silla de ruedas, dirigidos hacia el piso, para evitar que la silla se incline hacia atrás. Se dispone de un portabastón o porta muletas para el respaldo de la silla a fin de poder transportar adecuadamente tales artículos. Un liberador *Quad* (*Leber-Ease* o *Cam-Ease*) para hacer oscilar los apoyos desmontables para los pies o los apoyos para las piernas tiene un mecanismo liberador más fácil que el estándar y es útil para los pacientes tetrapléjicos u otros con uso limitado de las manos. El *Reduce-a Width* (reductor de anchura) es una manivela que se fija al lado del asiento, pudiéndosele hacer girar para reducir transitoriamente la anchura de la silla a fin de que pueda pasar por una puerta estrecha. Puede necesitarse aros para las manos especiales en el caso de un paciente con poca fuerza o que carezca de ella. La fricción para auxiliar a una prensión débil (falta de fuerza para impulsar el aro de la silla de ruedas) es proporcionada por aros para las manos recubiertos de plástico o con un forro de caucho. Si la prensión es muy débil o falta por completo se puede propulsar la silla de ruedas empujando las palmas de las manos contra proyecciones sobre los aros; estas comprenden perillas espaciadas al rededor del aro o proyecciones con puntas de caucho que sobresalen vertical u oblicuamente. la elección del tipo de proyecciones debe tomar en consideración el hecho de que algunas de ellas aumentan hasta 10 cms. la anchura de la silla. Resulta aconsejable un cinturón para el asiento para pacientes con excesivo movimiento involuntario, espasmos intensos o cualquier problema que pudiera hacerlos caer de la silla durante actividades funcionales o si la silla se detuviera en forma brusca. Los artículos disponibles para una postura y posición especial son un asiento firme, un respaldo firme o acojinado, y un apoyo para el cuerpo para sostener lateralmente el tronco. se puede disponer de un respaldo desmontable o con cierre automático cuando se requiere meter y sacar con frecuencia al paciente por el respaldo de la silla de ruedas. En el respaldo de la silla de ruedas puede acomodarse un bolsa para llevar libros y otros artículos. Por último, se dispone de dispositivos que impiden plegar la silla y dificultar de esta manera su robo.

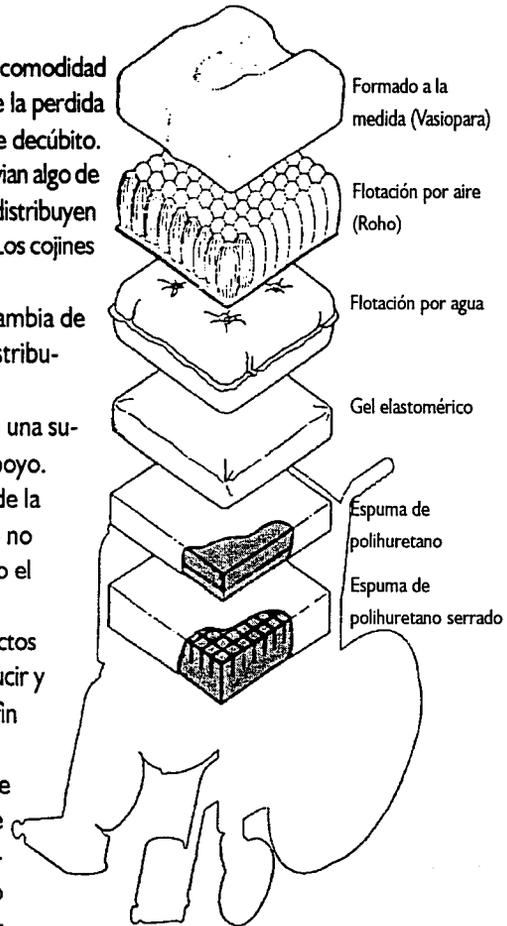


## Cojines para el asiento.

Se pueden ordenar un juego de cojines para comodidad del paciente, siendo más necesarios en el caso de la pérdida de sensación para ayudar a prevenir las úlceras de decúbito. Se dispone de muchos cojines, y todos los tipos alivian algo de la presión sobre las tuberosidades isquiales y las distribuyen sobre los glúteos y parte posterior de los muslos. Los cojines para el asiento actualmente disponibles son:

- a) Cojines de gel llenos de una sustancia que cambia de sitio para adaptarse al contorno del asiento, distribuyendo así la presión de manera más uniforme.
- b) Cojines llenos de aire o de agua que ofrecen una superficie que puede deformarse para variar el apoyo.
- c) Cojines de hule espuma que absorben algo de la presión y que son de un grosor y densidad que no permiten que se compriman por completo bajo el peso del paciente.
- d) Cojinetes de presión alterna que tienen conductos que se llenan de aire y un compresor para introducir y extraer alternativamente aire de los conductos a fin de disminuir y redistribuir la presión.

Se han llevado a cabo varios estudios de efectividad para comparar los diversos tipos de cojines. Las úlceras de decúbito son un resultado de la presión que reduce el flujo sanguíneo en un área de la piel causando necrosis tisular en el área con subsecuente ulceración.



Souther y colaboradores (tomado del libro *Wheelchair cushions to reduce pressure under bony prominences* de Souther, S.G., D. Carr, y L. M. Vistnes. 1974.) utilizaron un manómetro para comparar la presión superficial sobre la tuberosidad isquial en individuos que estaban utilizando once cojines diferentes, incluyendo todos los tipos disponibles en el comercio con excepción del cojín de presión alterna. Los cojines con una presión promedio significativamente inferior que la presión obtenida al sentarse en una silla de ruedas sin cojín fueron los siguientes: el cojín *Jobst Hydro-Float* (densidad < 0.01) y el cojinete *Jobst Hydro-Float* (densidad < 0.01), el *Bye-Bye Derubiti* (densidad < 0.05) y el cojín de hule espuma de 5 cms. (densidad < 0.05). Todos los cojines fueron de utilidad para reducir la presión, pero ninguno redujo la presión promedio por debajo de la presión capilar (32 mm de Hg). Por lo tanto el empleo de un cojín para el asiento es útil, pero debe acompañarse de cambio de posición y adecuada atención de la piel.

## **Seguridad.**

Para la seguridad, en especial al realizar traslados, se requiere que todas las sillas tengan frenos. Es esencial que el amputado bilateral de extremidades inferiores que tiene más atrás su centro de gravedad, tenga una silla con las ruedas traseras colocadas también más atrás para evitar su inestabilidad. En una silla normal la colocación de peso en las perneras podrá compensar esta variación en el centro de gravedad. Otra medida de seguridad importante es el cinturón que se puede sujetar a las caderas, a la cintura o al tórax (en caso de parálisis cerebral).



**PRODUCCION**



Equiplast S.A. - Calle 10 de Agosto No. 100 - San Juan, P.R. 00909 - Tel: (787) 754-1100 - Fax: (787) 754-1101 - Email: info@equiplast.com

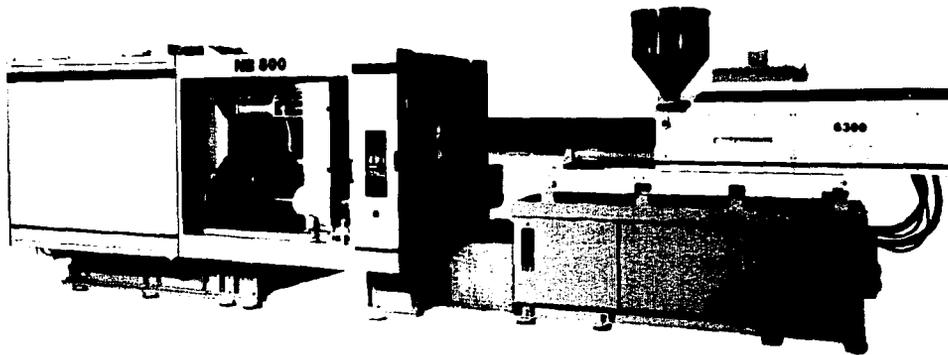
# PROCESO DE INYECCIÓN.

## Técnica.

El gran desarrollo de materiales termoplásticos en los últimos años, ha influido en gran forma al proceso industrial de inyección, el cual se ha ido adaptando con el tiempo a las particularidades de elaboración de los nuevos plásticos, ofreciendo de esta manera amplias posibilidades de racionalización económica, además de un amplio campo de comercialización que está en crecimiento constante.

Las principales ventajas del proceso de inyección residen en el ahorro de material, espacio de fabricación y tiempo de producción.

Pese a los relativos altos costos de instalaciones, moldes y producción, el proceso ofrece considerables ventajas económicas, ya a partir de series superiores a las mil piezas.



Máquina inyectora



## **Ventajas del proceso:**

- 1** Máxima exactitud de forma y dimensiones de las piezas inyectadas.
- 2** Posibilidades de formación de orificios, refuerzos, ajustes, marcas y textos, así como de inserción de elementos de otros materiales, con lo que la producción se hace completa, o al menos las piezas quedan listas para su montaje.
- 3** Calidad en el superficie de las piezas inyectadas, que en un solo paso quedan limpias y con la textura deseada.
- 4** Buenas propiedades de resistencia, aún con espesores de pared delgados, siempre y cuando se tenga una adecuada configuración de las piezas de acuerdo con el material a utilizarse.
- 5** Múltiples posibilidades en cuanto a un ennoblecimiento posterior de las superficies.
- 6** Rápida producción de gran cantidad de piezas en moldes duraderos con una o varias cavidades; esto permite plazos de entrega relativamente cortos y una capacidad de almacenaje reducida.
- 7** Gran aprovechamiento del material empleado (ya que prácticamente no existen los sobrantes)

Considerando únicamente desde el punto de vista tecnológico, la máxima ventaja del proceso de inyección constituye el hecho de que la pieza inyectada queda determinada por el molde en todas sus superficies, en cuanto a forma, textura y dimensiones. A diferencia de los demás métodos de producción que compiten con la inyección como pueden ser moldeo y soplado, en los cuales la pieza queda delimitada únicamente por la superficie del molde, o por el núcleo, dando así lugar a que los espesores no puedan ser controlados adecuadamente, resultando esto en diferencias de espesor de pared y variaciones de resistencia mecánica.

## PRODUCCIÓN

El proceso de inyección consiste de varias operaciones aisladas como sigue:

- A** Dosificación de una cantidad de granulado, correspondiente al volumen del molde, ante el émbolo de inyección.
- B** Fusión de este material en el sistema de plastificación, hasta alcanzar una consistencia termoplástica apta para la inyección.
- C** Inyección del material termoplástico en el molde cerrado relativamente frío.
- D** Enfriamiento del material inyectado hasta la solidificación que permite el desmoldeo de la pieza
- E** Desmoldeo de la pieza con el molde abierto.

## MATERIAL

El material seleccionado para la inyección de todas las piezas de **EQUIPLAST** fue el Polipropileno modificado con 20% de talco **PROCEL** de la industria **HOECHST-CELANESE**.

Se seleccionó este material, ya que dentro de los polímeros de alta resistencia mecánica, el polipropileno es el más económico, además de ofrecer un excelente acabado y propiedades.

El polipropileno es un polímero de hidrocarburo lineal, que comenzó su explotación comercial en 1957 conocido como polipropileno isotáctico.

Desde entonces el consumo del polipropileno aumentó considerablemente, siendo usado más comúnmente en fibras, películas y objetos moldeados por inyección. La expiración de los patentes básicos encabezaron el surgimiento de capacidad de producción, y por lo tanto el abaratamiento de costos, lo cual a su vez derivó en mayor uso del polipropileno. Llegando así a obtener en 1980 el tercer lugar dentro de los plásticos más usados, sólo después del polietileno y el PVC.

## **Polipropileno.**

### **Características Generales.**

✓ Nombres comerciales:

Hostalen PPH; Luparen; Vestolen P; PROCEL (CELANESE); NOVOLEN (BASF).

✓ Color y aspecto del material corriente en el mercado:

Masa granulada, incolora, opaca y teñida, transparente y oscura.

✓ Propiedades generales del producto acabado:

Elevada estabilidad de forma al calor, resistencia a la tracción y al choque, rigidez. Buena dureza superficial; sin tendencia a la corrosión por tensiones. Esterilizable hasta 120°C. Prácticamente sin absorción de agua.

✓ Ejemplos de aplicación en el proceso de inyección:

Recipientes y objetos de uso (cubos, fuentes, bidones, frascos), juguetes, artículos para mecánica fina y aparatos eléctricos, cascos protectores, estructuras, tacones para zapatillas, etc.

✓ Temperatura de uso permanente sin prejuicios:

Máximo 120-130°C.

✓ Estabilidad frente a productos químicos:

Estable frente a ácidos débiles y álcalis débiles.

Condicionalmente estable frente alcohol, ésteres, cetonas, éteres, aceites y grasas.

Inestable frente a ácidos concentrados, álcalis concentrados, hidrocarburos clorados, bencol, bencina, carburantes.

✓ Conductibilidad térmica (l) 0,26 kcal/mhoC.

✓ Calor específico (c) 0,46 kcal/kg°C.

✓ Densidad (r) a 20°C. 0,91 g/cm<sup>3</sup>.

✓ Tiempo de secado (secado previo) 1-1,5 h a 75°C.

✓ Para la construcción de moldes hay que contar con una contracción de 1,2 a 2,5% en las partidas de buena fluidez; de 2 a 3% en partidas de menor fluidez.



## **PROCEL de Celanese Mexicana.**

Celanese Mexicana da el nombre comercial de **PROCEL** a los diferentes tipos de polipropilenos modificados, dentro de su línea de Plásticos de Ingeniería. Al modificar el polipropileno natural se obtiene un incremento de propiedades que hacen del **PROCEL** un material que puede ser inyectado para obtener muy diferentes productos caracterizados por:

- A** Excelente resistencia química
- B** Excelente estabilidad dimensional
- C** Alta dureza superficial
- D** Alta rigidez
- E** Excelentes propiedades eléctricas
- F** Buena resistencia al impacto
- G** Baja contracción
- H** Facilidad de procesamiento

Las áreas de aplicación de **PROCEL** son principalmente la industria automotriz (carcazas del sistema de calefacción, soportes de batería, tolvas, partes del sistema eléctrico, cubrebandas, etc.), así como artículos de uso industrial como contenedores, partes de bombas de agua, sistemas de ventilación, etc.

## PROPIEDADES ESPECÍFICAS DEL POLIPROPILENO MODIFICADO CON 20% DE TALCO PROCEL DE LA INDUSTRIA HOECHST-CELANESE.

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Gravedad específica	1.05	_____
Absorción de agua (24 Hrs)	0.01	%
Resistencia a la tensión	4800	lb/ plg <sup>2</sup>
Elongación a la ruptura	20	%
Módulo elástico de tensión	375000	lb/ plg <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	5500	lb/ plg <sup>2</sup>
Módulo elástico de flexión	290000	lb/ plg <sup>2</sup>
Módulo de rigidez	250000	lb/ plg <sup>2</sup>
Dureza shore	D 69	_____
Dureza Rockwell	R 90	_____
Resistencia al impacto		
IZOD (1/8" con muesca)	0.60	lb-pie/ plg
Temperatura de deformación bajo carga (66 lb/ plg <sup>2</sup> )	125	°C
Temperatura de deformación bajo carga (264 lb/ plg <sup>2</sup> )	71	°C
Temperatura de ablandamiento Vicat	175	°C
Índice de fluidez	4.70	gr./ 10 min.
Contracción lineal	0.016	plg./ plg
Resistencia al arco	150	Seg.

Nota: Todas las pruebas fueron realizadas a 23 °C y 50 % de humedad relativa.



## **Moldes para inyección.**

El proceso de inyección requiere de herramental caro. Dentro de este herramental se encuentran los moldes, los cuales son indispensables para el proceso de inyección, por lo que deben de ser tomados seriamente en consideración.

### **Material de los moldes.**

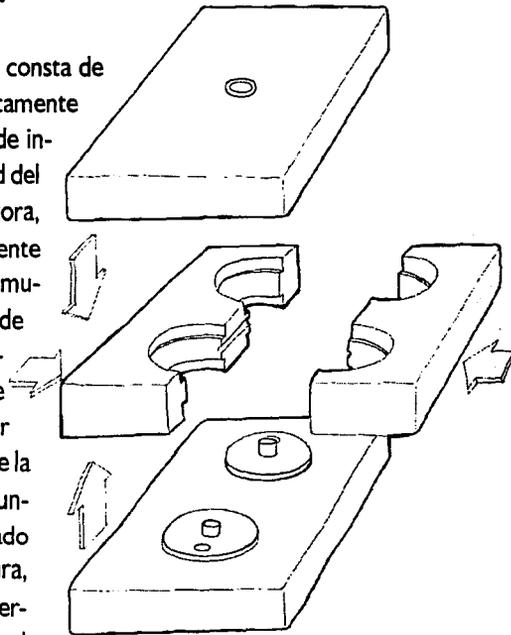
Los moldes de inyección deben de ser manufacturados con la más alta calidad, para ofrecer una larga duración. En la actualidad se fabrican en acero, materiales férricos y materiales de colada no metálicos, obtenidos galvánicamente.

Para decidir que tipo de molde se debe de usar, se tienen que considerar diversos factores como pueden ser: la dificultad de la pieza fabricada, los costos de fabricación del molde, el tiempo del ciclo, y el número de piezas a fabricar (duración).

El tipo de acero que se propone para los moldes de las piezas de EQUIPLAST es el acero de cementación. Los aceros de cementación son los que reúnen las condiciones que más se aproximan a las óptimas para la construcción de un molde, por lo que no es de extrañar que éste sea aplicado en aproximadamente el 80 % del consumo total de aceros para moldes. La ventaja particular de estos aceros consiste que por cementación o carburación se origine una dura superficie como el vidrio y, a la vez, un núcleo resistente. La elevada resistencia superficial hace que los moldes sean resistentes a la abrasión, y el rígido núcleo los hace resistentes a los bruscos esfuerzos.

## Constitución y función de el molde.

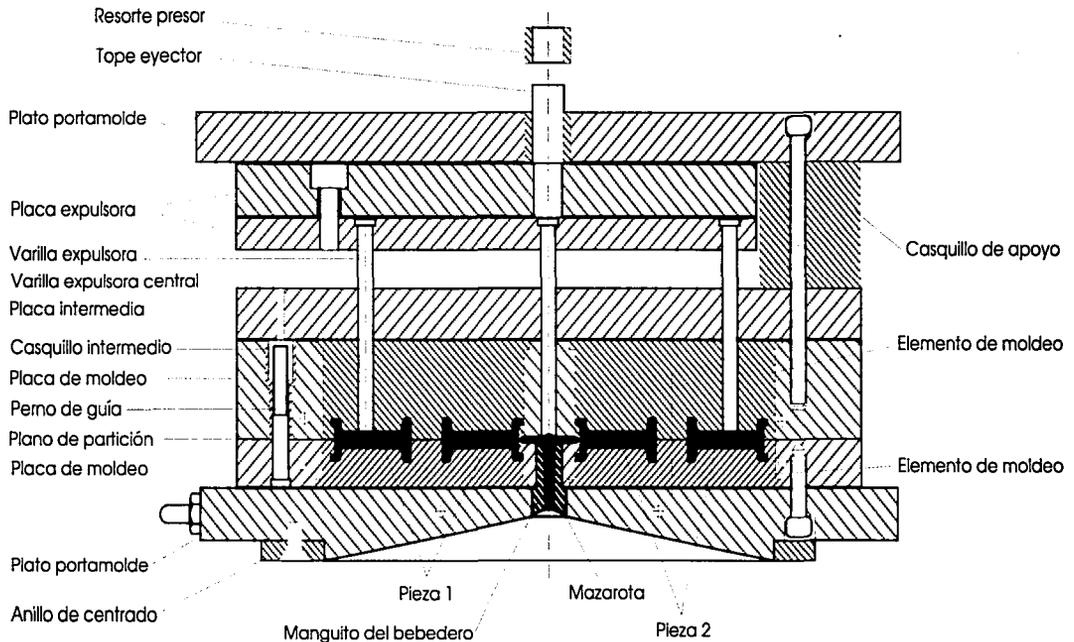
En su forma más simplificada, el molde consta de dos mitades, que por lo general se fijan directamente sobre los platos portamolde de la máquina de inyección. Estos dos elementos básicos, la mitad del molde inyectora, y la mitad del molde extractora, aparecen en todo el molde, independientemente de su forma de construcción. Simplificando mucho, y tomando como base otros procesos de conformación, dichos elementos podrían designarse punzón y matriz. Tras el proceso de llenado y solidificación, el molde se abre por el plano de partición, quedando generalmente la pieza y la mazarota (rebaba sobrante de el punto de inyección) adherida a la mitad del lado extractor. Al continuar el proceso de apertura, la parte posterior entra en contacto con un perno fijo de la máquina, iniciándose en seguida el proceso de desmoldeo. El tope del extractor acciona el mecanismo de expulsión, el cual desplaza la pieza y la mazarota, separándolas del elemento posterior de moldeo. Sólo al efectuarse el movimiento de cierre se produce la recuperación de el mecanismo extractor, mediante las espigas de retroceso o mediante un resorte antagonico (el resorte de la parte extractora). Finalizado el movimiento de cierre, o sea, al estar el molde cerrado, el mecanismo extractor se encuentra en su posición final. Mediante una boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre éste y el cilindro de inyección, con lo que puede empezar de nuevo el proceso de llenado. Según el tipo de máquina, un husillo o



Configuración del molde para la pieza P007

pistón impulsan a elevada presión la masa plastificada hacia la cavidad del molde. Finalizado el proceso de llenado, se mantiene todavía, durante un cierto tiempo, una presión residual, la cual sirve para compensar la contracción en volúmen mediante nueva aportación de material. Con el inicio del llenado del molde empieza la fase de refrigeración, que termina cuando el material se ha solidificado para formar una pieza de forma estable. El período de refrigeración termina al efectuar el desmoldeo.

### Elementos del molde de inyección:



## **Determinación de la capacidad de la inyectora:**

Para determinar la capacidad de la inyectora, se debe de tomar en cuenta el volúmen de la pieza a inyectar ( $\text{cm}^3$ ), el área de la superficie de la pieza ( $\text{cm}^2$ ), el tamaño de los platos portamolde de la inyectora (que es donde se fija el molde), y la distancia de recorrido de apertura del molde. Lo más recomendable es consultar los manuales de la máquina inyectora, para poder así ver cada una de estas características, pero de no contar con éste, se puede recurrir a ciertos métodos matemáticos para así poder determinar al menos la capacidad de la máquina adecuada. La formula es la siguiente:

Fuerza de cierre= area de la pieza X potencia.

La fuerza de cierre representa el 70% de la capacidad de la máquina de inyección.

## Inyectora Negri Bossi Modelo NB 400

Clasificación	Especificaciones	Clasificación	Especificaciones
Diámetro del Husillo	60mm.	Fuerza de apoyo grupo de inyección	70kN
Relación longitud/diám.husillo	20 L/D	Fuerza de cierre sobre el molde	2500 kN
Volumen calculado de inyección	848 cm <sup>3</sup>	Carrera de apertura del molde	200/550 mm
Volumen efectivo de inyección	760 cm <sup>3</sup>	Espesor del molde	280/600 mm
Capacidad efectiva de inyección	800gr.	Dimensiones de los platos	860 x 860 mm
Volumen de material inyectado	235 cm <sup>3</sup> /seg	Distancia entre columnas	570 x 570 mm
Máxima presión sobre el material	1660 bar.	Fuerza del expulsor oleodinámico	54 kN
Capacidad de plastificación	180 kg/h	Carrera del expulsor hidráulico	200 mm
Máxima vel. de rotación del husillo	200 rpm.	Moldeos por minuto (sin carga)	28 m-l
Par de torsión del usillo	1665 Nm.	Potencia del motor de la bomba	30 kW
Zonas calefacción cilindro plastificación	5 n.	Potencia total instalada	51 kW
Potencia instalada de calefacción	20,5 kw	Peso de la prensa	9800 kg
Dimensiones largo/ancho/alto	6650x1325x2315		

# CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA PIEZAS MOLDEADAS POR INYECCIÓN

El proceso de inyección es económico, eficiente y preciso, pero como se mencionó antes, se requiere maquinaria y herramientas caras, al igual de que requiere la consideración de ciertas formas geométricas fijas para producir, de manera consistente, piezas moldeadas de calidad.

Uno de los problemas técnicos más complicados fue el de diseñar piezas siempre simétricas para la silla, con lo cual se abarataron los costos de moldes en un 50%, lo que representa un ahorro de \$1,105,000.00.

A continuación se explican las consideraciones básicas para el diseño de piezas para moldeo en inyección.

## ESTRATEGIA DE DISEÑO:

### A. Maximizar la funcionalidad.

Debido a que los moldes de inyección son caros, el diseñador debe de hacer diseños multifuncionales cuando sea posible en cada parte. Eso significa que una sola parte debe de suplir a varias más cuando esto sea posible, lo que ayuda a optimizar el diseño, ayudando así en operaciones de ensamblaje, peso e integridad estructural de la pieza.

### B. Optimizar la selección del material.

Con base en la funcionalidad deseada de la pieza se debe investigar cual material da los mejores resultados estructurales a el menor precio.

### C. Minimizar el uso del material.

Generalmente la mejor elección de material es en el que, con un volumen mínimo se puedan satisfacer los requerimientos estructurales, funcionales, estéticos y de moldeabilidad en la aplicación.



## DISEÑO EFICIENTE Y FUNCIONAL.

Al diseñar un producto totalmente nuevo, como aquí es el caso, se debe de aprovechar la ventaja clave del proceso de moldeado por inyección. Esa ventaja se refiere a la capacidad de producir, exacta y repetidamente, partes de plástico terminadas, multifuncionales o complejas, moldeadas en una operación simple y altamente automatizada. Teniendo en consideración lo anterior se debe de tomar en cuenta la optimización de partes, diseñando una sola que supla la función de varias al mismo tiempo, integrando de ser posible accesorios que puedan ser moldeados y eliminando partes innecesarias.

Por supuesto, hay casos en los que al tratar de diseñar características múltiples o poner demasiada complejidad en una sola pieza hacen que el herramental se vuelva excesivamente caro, o que la parte se vuelva muy difícil de moldear. Eso sucede generalmente cuando un molde tiene que abrirse en varias direcciones para expulsar la pieza. Por supuesto el costo del herramental debe de ser comparado contra el ahorro obtenido por la optimización de piezas, para poder llegar a la decisión que mejor favorezca al diseño.

### Selección de material.

Existe una amplia variedad de materiales termoplásticos, por lo que la elección de una resina se dificulta. Normalmente el material seleccionado es el que ya se ha usado antes en otros diseños semejantes, o el recomendado por el fabricante, pero desafortunadamente el material recomendado no siempre cumple con las especificaciones deseadas, por lo que es recomendable para el diseñador tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- A** Temperatura
- B** Medio Ambiente
- C** Aprobación de Normas (En México no existen normas específicas para sillas de ruedas)
- D** Ensamblaje

- E** Acabado
- F** Costo
- G** Disponibilidad.

## **Espesor nominal de pared.**

De todos los aspectos del diseño de plásticos, la selección del espesor nominal de pared adecuado es probablemente el tópico más importante. Elegir el espesor de pared apropiado muchas veces puede determinar el éxito de un producto. Mientras que un espesor delgado de pared puede hacer que el producto sea muy frágil estructuralmente, un espesor de pared demasiado grueso puede hacer un producto verse mal estéticamente, encarecerlo, o hacerlo muy pesado.

Aunque no existe una medida estándar para espesores de pared en resinas termoplásticas, es bueno conocer los espesores nominales típicos para cada tipo de resina, y adaptar los valores según los requerimientos del diseño. Por ejemplo aunque el espesor típico nominal de pared para el polipropileno va de un rango de 0.63 a 3.8 mm. esto no significa que éste no pueda ser moldeado con otro espesor fuera del rango, dependiendo del tamaño y diseño de la pieza. Aún así el rango típico nos puede servir como punto de partida para nuestro diseño.

## **Requerimientos estructurales de pared nominal.**

Si el diseño va a estar sujeto a cargas significativas, se debe de hacer un estudio y análisis de tensión y deflexión de las áreas en cuestión. Pero si la carga es excesiva se deberán considerar las siguientes alternativas:

- A** Uso de costillas o contornos para aumentar el módulo de segmento (rigidez).
- B** Uso de materiales de mayor resistencia (reforzados con cargas o fibras).
- C** Aumento del espesor de pared (si no es éste ya muy grueso).



## **Ángulo de salida.**

En la mayoría de las piezas moldeadas por inyección son necesarios algunos detalles en los que la perpendicularidad es importante, pero para lograr que ésta pieza salga del molde adecuadamente es necesario dejar cierta conicidad en dirección a la salida del molde. Esta conicidad es generalmente conocida como ángulo de salida, y permite que al momento de desmoldar la pieza, ésta quede libre generando un espacio entre el molde, cuando éste se abre. Esta conicidad es muy importante dado que los materiales termoplásticos encogen al momento de enfriar y se sujetan del corazón del molde. Aunque haya excepciones se considera como mínimo un tiro de  $1/2$  grado por lado, siendo que muchas veces (dependiendo de la profundidad) se recomienda  $1\ 1/2$  a 3 grados por lado.

## **Nervaduras y radios.**

En el diseño de piezas moldeadas por inyección se debe de tratar de evitar las esquinas agudas, y aunque éstas son muy usadas, se recomienda el uso de radios amplios para reducir la concentración de esfuerzos.

Las esquinas internas, principalmente, causan concentraciones de esfuerzos que podrían llegar a romper la pieza, además de impedir el buen flujo del material durante la inyección. Para evitar éstos problemas, los radios internos de la esquina deben de ser iguales a la mitad del espesor nominal de la pared.

Un radio de 0.5 mm es considerado como mínimo para las partes sometidas a esfuerzos y 0.1 mm para las partes exentas de esfuerzos.

Las esquinas externas deben de tener un radio igual al de la esquina externa más el espesor de la pared.



## Costos de producción

### Materia prima

Polipropileno "PROCEL" de Hoechst-Celanese, modificado con 20% de talco.

Costo por kilogramo: \$ 1.82 dólares.

Nombre	Codigo	Cant (Kg)	Cant (cm3)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Marco general	P001	1.036	1139	2	1.885	3.77
Descansabrazos	P002	0.234	258	2	0.425	0.85
Rhin	P003	0.939	1032	2	1.709	3.41
Aro uno	P004	0.239	263	2	0.430	0.86
Aro dos	P012	0.231	254	2	0.420	0.84
Eje giratorio	P005	0.103	114	2	0.180	0.36
Rhin delantero	P006	0.069	76	2	0.120	0.24
Cruceta	P007	0.380	418	2	0.690	1.38
Conector	P008	0.116	128	2	0.211	0.42
Ajustador	P009	0.217	238	2	0.390	0.78
Soporte	P010	0.234	258	2	0.420	0.84
Manija freno	P011	0.019	21	1	0.030	0.03
<b>Total por silla</b>		<b>7.615</b>	<b>8377</b>	<b>23</b>		<b>13.78</b>

<b>Total por silla en pesos (8 pesos por dólar)</b>	<b>\$ 110.24</b>
<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 330,720.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 3,968,640.00</b>

Poliuretano de baja densidad "LUPOLEN" de BASF.

Costo por kilogramo: \$0.98 dólares

Nombre	Codigo	Cant (Kg)	Cant (cm3)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Llanta delant.	P013	0.34	37.7	2	0.033	0.066
<b>Total por silla</b>		<b>0.34</b>	<b>37.7</b>	<b>2</b>		<b>0.066</b>

<b>Total por silla en pesos (8 pesos por dólar)</b>	<b>\$ 0.52</b>
<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 1,584.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 19,008.00</b>

Tejido de Nylon "Cardura" de DUPONT tipo 441 de 1000 denier, fabricado por High Industries.

Precio de 1 metro x 1.22 metros de largo: \$ 3.9 dólares.

Nombre	Codigo	Cant (cms)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Asiento	T002	89 x 40	1	0.77	1.03
Descansabrazos	T001	89 x 37	1	0.77	1.03
<b>Total por silla</b>					<b>2.06</b>

<b>Total por silla en pesos (8 pesos por dólar)</b>	<b>\$ 16.48</b>
<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 49,440.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 593,280.00</b>

Espuma de poliuretano de baja densidad de 2.5 cms de espesor.  
 Precio por placa de 1 metro x 2.4 metros: \$53.26 pesos.

Nombre	Codigo	Cant (cms)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Asiento	T002	38 x 40	1	2.95	2.95
Descansabrazos	T001	34 x 40	1	2.90	2.90
<b>Total por silla en pesos</b>					<b>5.85</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 17,550.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 210,600.00</b>

Tubo de sección redonda de acero inoxidable calibre 18, 3/4", acabado pulido  
 Precio por tramo de 6 metros: \$29.4 dólares

Nombre	Codigo	Cant (cms)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Tubo	L002	16	2	0.78	1.56
<b>Total por silla</b>					<b>1.56</b>

<b>Total por silla en pesos (8 pesos por dólar)</b>	<b>\$ 12.48</b>
<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 37,440.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 449,280.00</b>

Piezas troqueladas en lámina galvanizada, calibre 14.  
Material, maquila y acabado.

Nombre	Codigo	Cant (pzs)	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Freno	L001	-	3	0.70	2.10
<b>Total por silla en pesos</b>					<b>2.10</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 6,300.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 75,600.00</b>

Masa de lantas. Maquila, material y acabado.

Nombre	Codigo	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Masa chica	M001	2	9.00	18.00
Masa grande	M002	2	12.00	24.00
<b>Total por silla en pesos</b>				<b>42.00</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 126,000.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 1,512,000.00</b>

Neumático TORNEL 24 3/8, con cámara

Nombre	Codigo	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Neumático	N001	2	27.15	54.26
<b>Total por silla en pesos</b>				<b>54.26</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 162,780.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 1,953,360.00</b>

Tornillería  
Precios en pesos

Nombre	Código	Piezas	Costo por pieza	Subtotal
Remache	R001	18	0.085	1.53
Ojillo	R002	18	0.038	0.68
Pija	R003	18	0.093	1.67
Tornillo-tuerca	R004	1	1.490	1.49
Tornillo-tuerca	R006	2	0.360	0.72
Tornillo	R008	2	3.350	6.70
Tuerca	R009	2	2.200	4.40
<b>Total por silla en pesos</b>				<b>17.19</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 51,570.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 618,840.00</b>

Empaque de cartón corrugado, laminado couché, impresión a 4 tintas.  
Material, suajado, impresión, y armado.  
Precios en pesos

Nombre	Cantidad	Costo por pieza	Subtotal
Empaque	1	4.5	4.5
<b>Total por silla en pesos</b>			<b>4.5</b>

<b>Costo mensual (3,000 unidades)</b>	<b>\$ 13,500.00</b>
<b>Costo anual (36,000 unidades)</b>	<b>\$ 162,000.00</b>

## Costos de maquinaria y herramental

Costo en dólares

Nombre	Marca	Modelo	Precio (U S )
Inyectora	Nagri Bossi	NB-400	256,666.00
Mezcladora gravimétrica	Piovan	MBW100	16,100.00
Maquina de coser	Brother	755 "Súper Pesada"	837.20
Ojilladora	Manufacturas Diana	único	3,600.00
Herramienta general	Varios	Varios	1,500.00
<b>Precio total de maquinaria en dólares</b>			<b>\$ 278,703.2</b>

Tomando en cuenta una depreciación de 10 años en la inyectora y 5 años en el resto de la maquinaria

<b>Depreciación anual de maquinaria en dólares</b>	<b>\$ 30,074.04</b>
<b>Depreciación mensual de la maquinaria en dólares</b>	<b>\$ 2,506.17</b>

Se divide \$2,506.17 entre el número de piezas que se fabricarán mensualmente.

<b>Costo proyectado por unidad producida en dólares</b>	<b>\$ 0.83</b>
<b>Total por unidad en pesos (8 pesos por dólar)</b>	<b>\$ 6.64</b>

## Costos de moldes de inyección

De acero templado

Costo en pesos

Nombre del molde	No. de cavidades	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Costo
Marco general	1	1139	300,000.00
Descansabrazos	1	258	60,000.00
Rhin	1	1032	60,000.00
Aro uno	1	263	120,000.00
Aro dos	1	254	120,000.00
Eje giratorio	2	114	60,000.00
Rhin delantero	2	76	45,000.00
Cruceta	2	418	60,000.00
Conector	1	128	80,000.00
Ajustador	1	238	80,000.00
Soporte	1	258	50,000.00
Manija freno	4	21	70,000.00
<b>Total en pesos</b>			<b>1,105,000.00</b>

Tomando en cuenta una depreciación de 10 años en los moldes.

Depreciación anual de los moldes	\$ 110,500.00
Depreciación mensual de los moldes	\$ 9,208.33
Se divide \$9,208.33 entre el numero de piezas que se fabricarán mensualmente.	
Costo proyectado por unidad producida en pesos	\$ 3.07

## Costos de mobiliario y transporte

En pesos

Nombre	Cant	Costo unit	Total	Depreciación	Dep anual	Dep mensual
Escritorio	2	750.00	1500.00	5 años	300.00	25.00
Sillas	8	300.00	2,400.00	5 años	480.00	40.00
Archivero	1	500.00	500.00	5 años	100.00	8.33
Sala de espera	1	5,000.00	5,000.00	5 años	1,000.00	83.30
Restirador	1	600.00	600.00	5 años	120.00	10.00
Computadora	1	12,500.00	12,500.00	3 años	4,166.66	347.22
Impresora	1	3,500.00	3,500.00	3 años	1,166.66	97.22
Camioneta	1	130,000.00	130,000.00	5 años	26,000.00	2,166.66
<b>Total</b>			<b>156,000.00</b>		<b>33,333.32</b>	<b>2,777.77</b>

Se divide \$2,777.77 entre el numero de piezas que se fabricarán mensualmente.

<b>Costo proyectado por unidad producida en pesos</b>	<b>\$ 0.92</b>
---	----------------

## Costos de salarios de personal

En pesos

Personal	Cantidad	Salario mensual	Subtotal mensual
Diseñador Industrial	1	4,500.00	4,500.00
Secretaria	1	1,800.00	1,800.00
Promotor-vendedor	1	1,800.00	1,800.00
Técnico en inyección de plásticos	1	3,000.00	3,000.00
Obreros	3	1,000.00	3,000.00
Costurera	1	1,000.00	1,000.00
Chofer-distribuidor	2	1,800.00	3,600.00
Contador (trimestral)	1	100.00	100.00
<b>Subtotal de salarios mensual</b>			<b>\$ 18,800.00</b>

IMPUESTOS SOCIALES	Porcentaje	Salario
Activo fijo	2.00	376.00
Fondo de retiro	2.00	376.00
Infonavit	5.00	940.00
IMSS-enfermedad y maternidad	11.40	2,143.20
IMSS-invalidez, vejez, cesantía, muerte.	7.03	1,321.64
IMSS-guardería	1.00	188.00
IMSS-riesgo de trabajo	5.00	940.00
<b>Total de impuestos</b>		<b>\$ 6,284.84</b>
<b>Total de salarios mensual con impuestos</b>		<b>\$ 25,084.84</b>
<b>Total de salarios anual con impuestos</b>		<b>\$ 301,018.08</b>

Se divide \$25,084.84 entre el número de piezas que se fabricarán mensualmente.

<b>Costo proyectado por unidad producida</b>	<b>\$ 8.36</b>
--	----------------



## Otros costos fijos

En pesos

Nombre	Cantidad mensual	Cantidad anual
Renta	10,000.00	120,000.00
Luz	600.00	7,200.00
Teléfono	100.00	1,200.00
Agua	100.00	1,200.00
Seguro del automóvil	300.00	3,600.00
Gasolina	600.00	7,200.00
Papelería y publicidad	300.00	3,600.00
<b>Total</b>	<b>12,000.00</b>	<b>144,000.00</b>

Se divide \$12,000.00 entre el número de piezas que se fabricarán mensualmente.

<b>Costo proyectado por unidad producida</b>	<b>\$ 4.00</b>
--	----------------

## Costo del diseño del producto

Descripción	Costo
Proyecto terminado, con planos de especificaciones, estudio de mercado, estudio ergonómico, estudio de costos, etc.	64,000.00
<b>Total en pesos</b>	<b>64,000.00</b>

Tomando en cuenta una depreciación de 10 años.

<b>Depreciación anual del diseño</b>	<b>\$ 6,400.00</b>
<b>Depreciación mensual del diseño</b>	<b>\$ 533.33</b>

Se divide \$533.33 entre el número de piezas que se fabricarán mensualmente.

<b>Costo proyectado por unidad producida en pesos</b>	<b>\$ 0.18</b>
---	----------------

## Costo total del producto

Concepto	Cantidad mensual en pesos	Cantidad por unidad producida
Polipropileno	330,720.00	110.24
Polietileno	1,584.00	0.52
Nylon	49,440.00	16.48
Espuma de poliuretano	17,550.00	5.85
Tubo de acero	37,440.00	12.48
Piezas troqueladas	6,300.00	2.10
Masas de rhines	126,000.00	42.00
Llantas TORNEL	162,780.00	54.26
Tornillería	51,570.00	17.19
Empaque	13,500.00	4.50
Maquinaria	20,049.36	6.64
Moldes para inyección	9,208.33	3.07
Mobiliario y transporte	2,777.77	0.92
Salarios	25,084.84	8.36
Otros	12,000.00	4.00
Diseño del producto	533.33	0.18
<b>Costo total por unidad</b>	<b>\$ 886,370.00</b>	<b>\$ 288.79</b>

<b>Venta al distribuidor (40% más)</b>	<b>\$ 404.30</b>
<b>Venta al público (50% más)</b>	<b>\$ 606.45</b>
<b>Venta al público con IVA</b>	<b>\$ 697.41</b>

<b>Utilidad por unidad vendida al distribuidor</b>	<b>\$ 115.51</b>
<b>Utilidades mensuales</b>	<b>\$ 346,530.00</b>
<b>Utilidades anuales</b>	<b>\$ 4,158,360.00</b>



## Inversión

Concepto	Subtotal en pesos
Maquinaria	2,229,625.60
Moldes para inyección	1,105,000.00
Mobiliario y transporte	156,000.00
<b>Total de la inversión</b>	<b>3,490,625.60</b>
<b>Punto de equilibrio (Tiempo de recuperación de la inversión)</b>	<b>10 meses</b>

# PLANOS DE PRODUCCIÓN



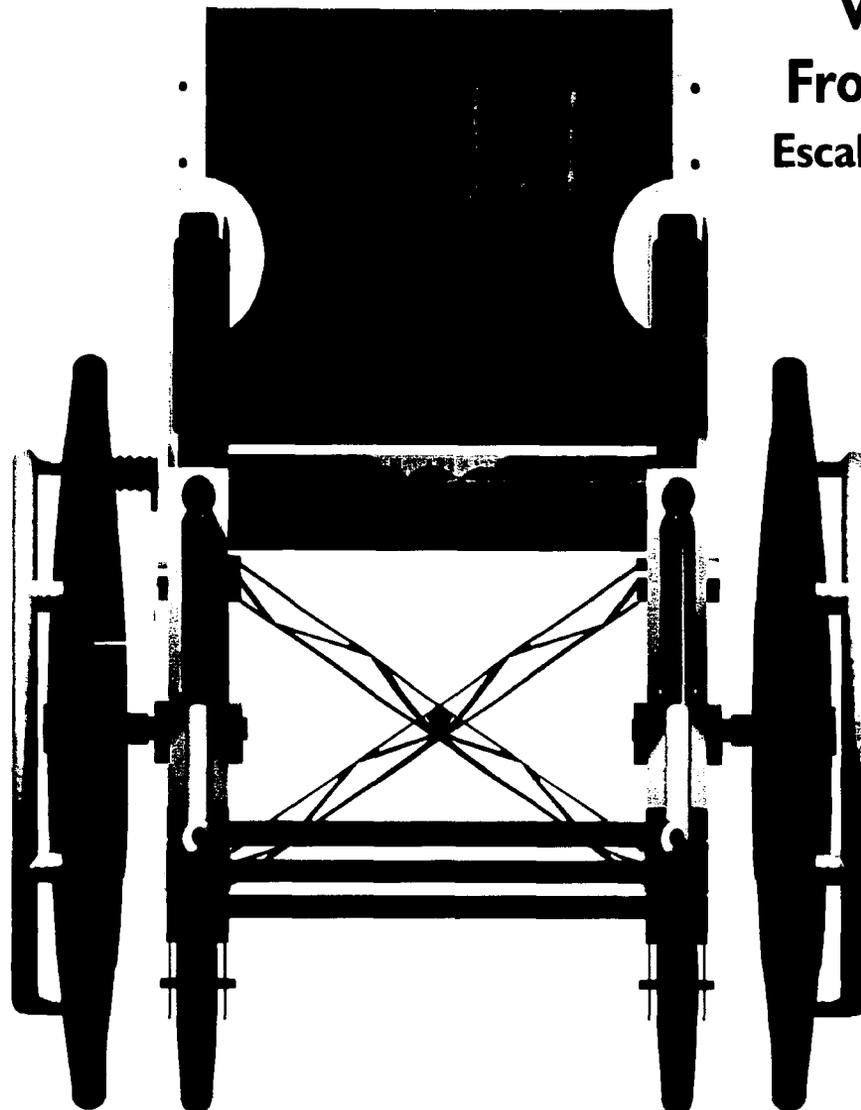
EQUIPLAST

**Vista Lateral**

**Escala 1:5**

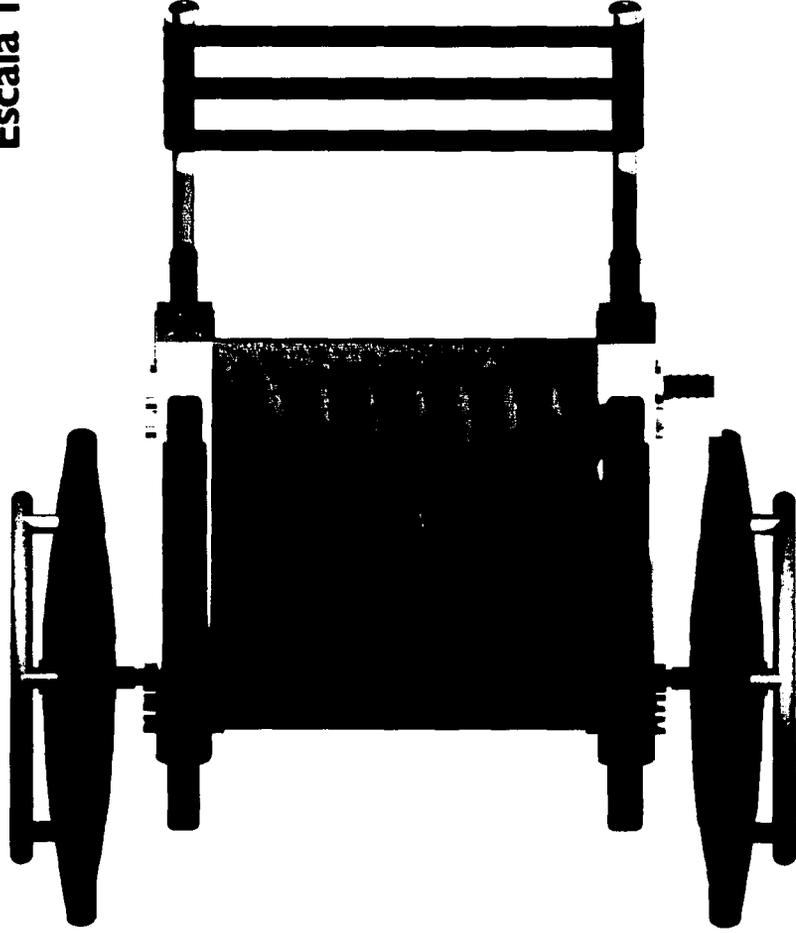


**Vista  
Frontal  
Escala 1:5**



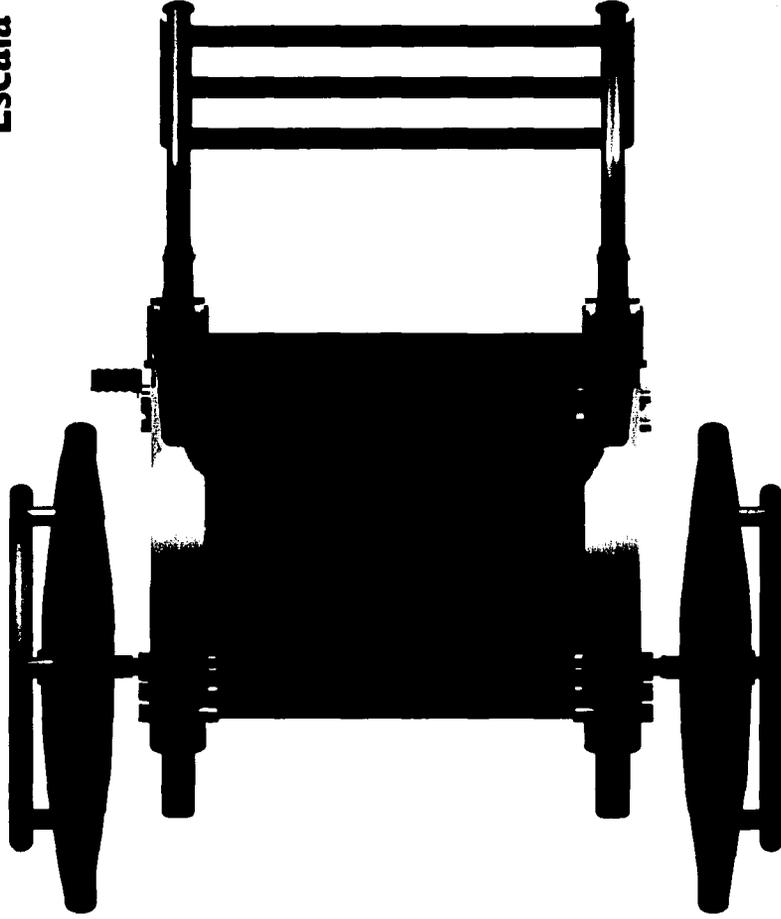
# Vista Superior

Escala 1:5

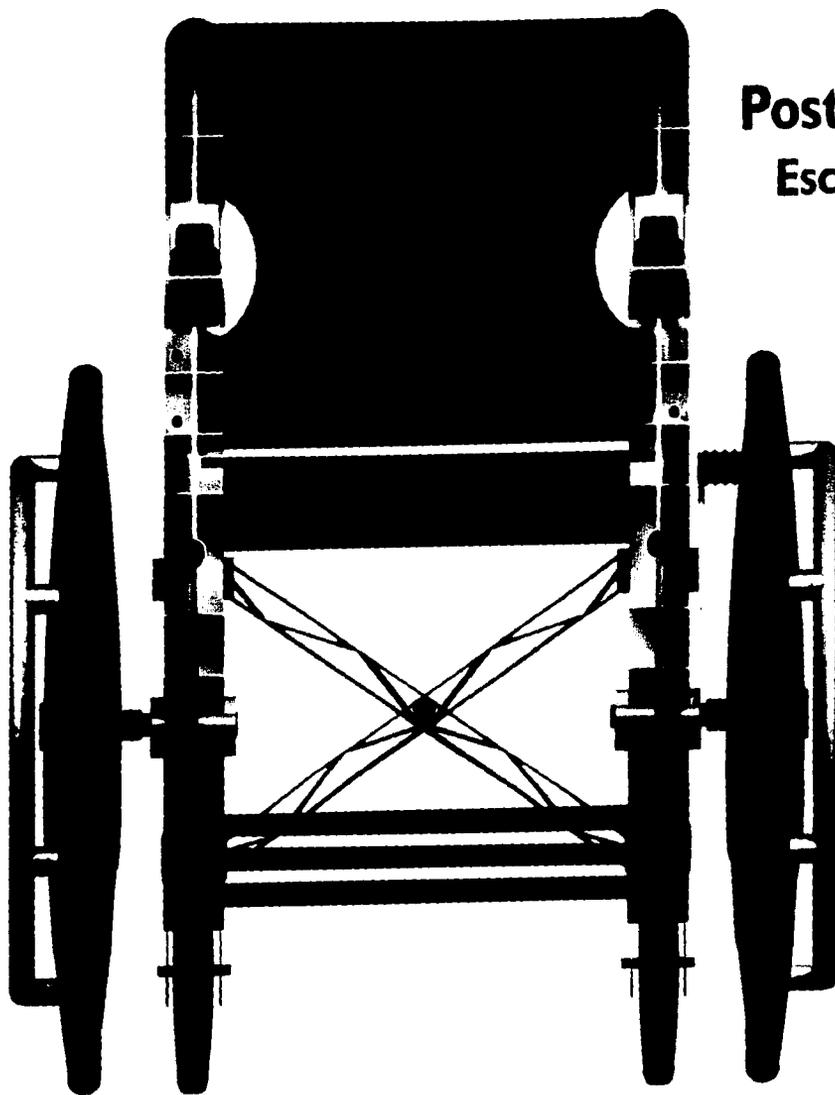


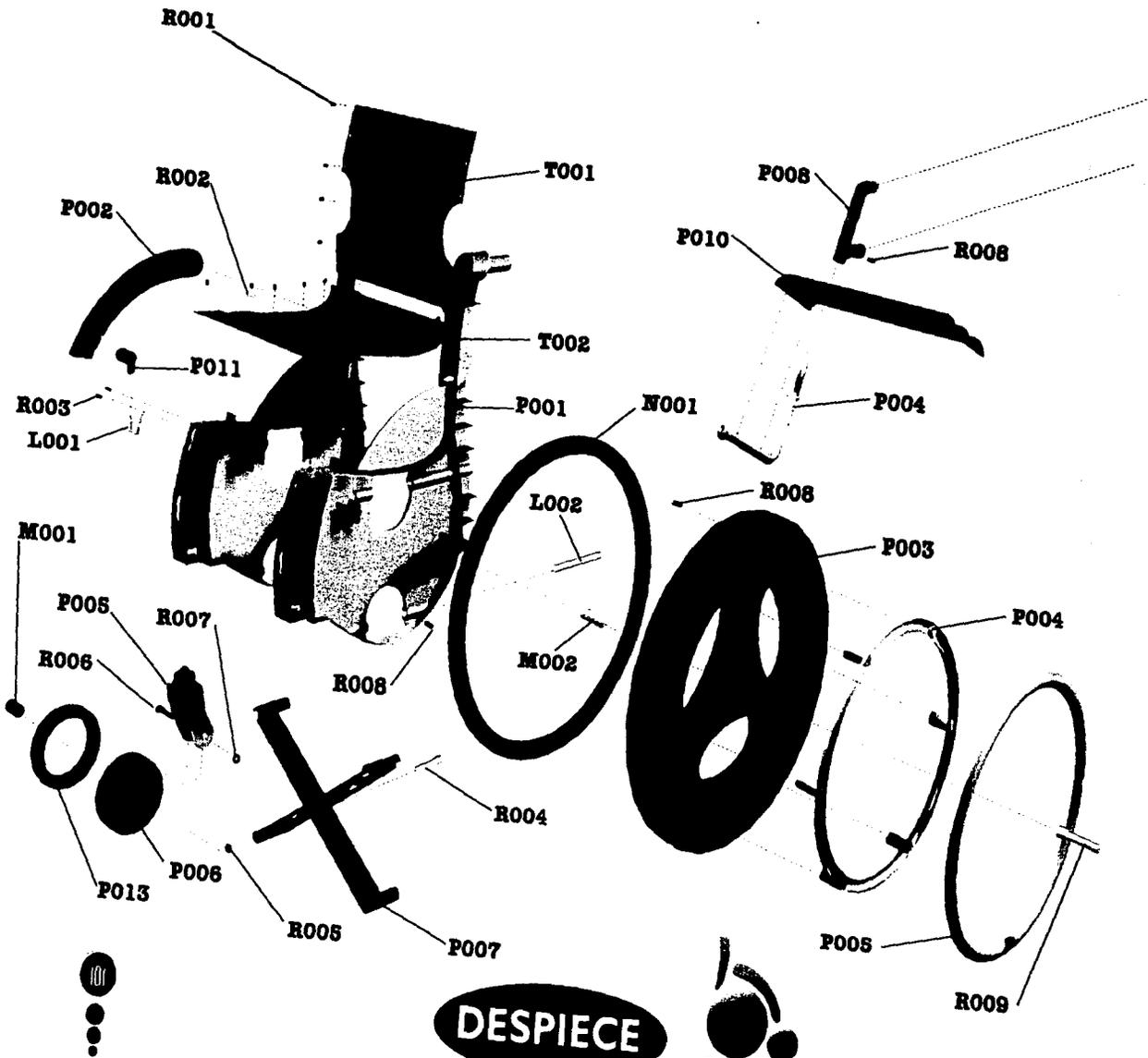
**Vista Inferior**

**Escala 1:5**



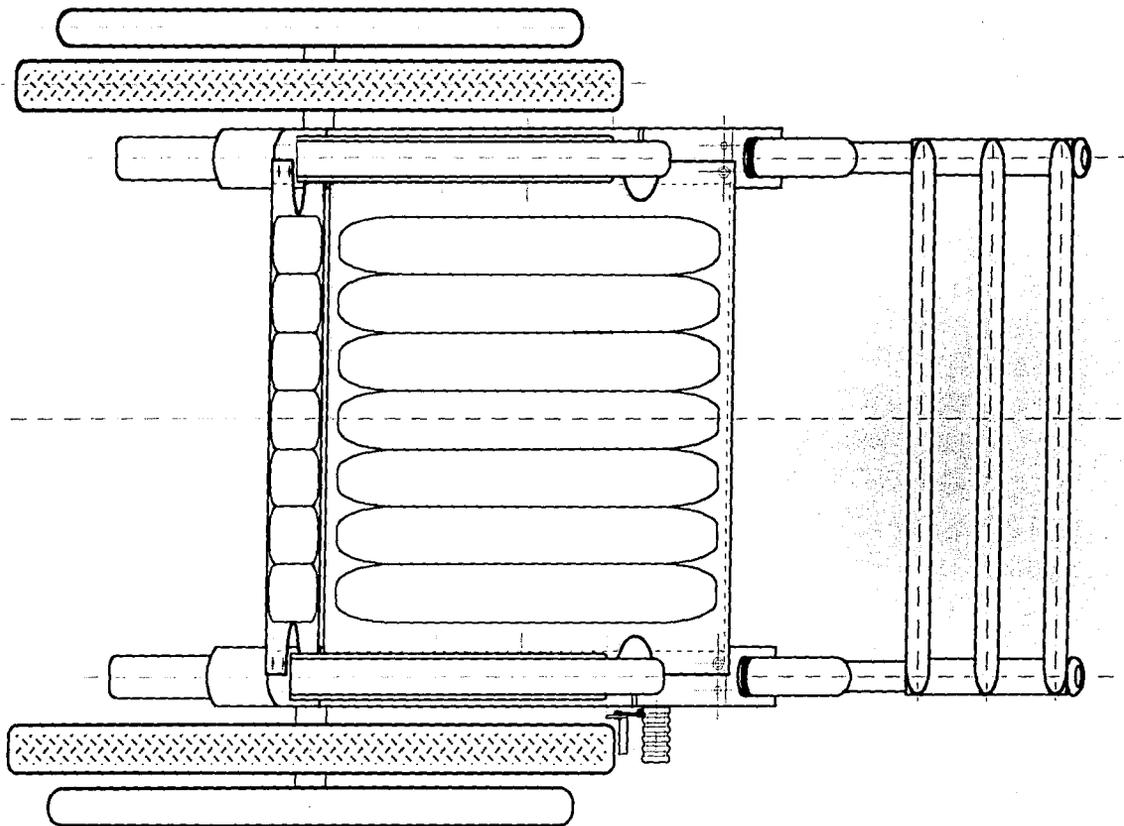
**Vista  
Posterior  
Escala 1:5**





**DESPIECE**





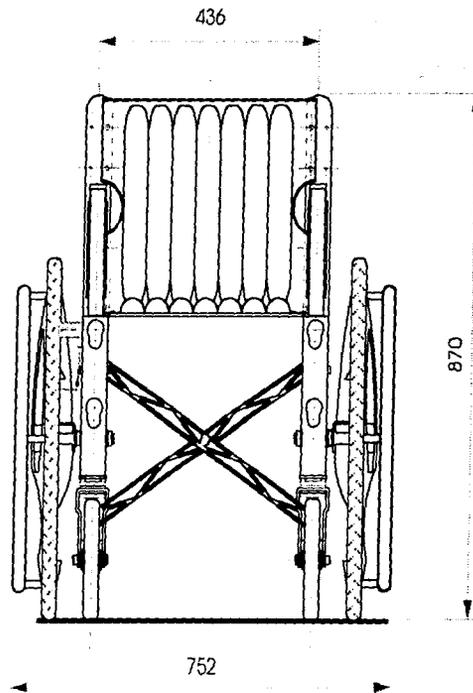
CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

Medidas generales: 1064 x 752 x 869.



VISTA  
**SUPERIOR**



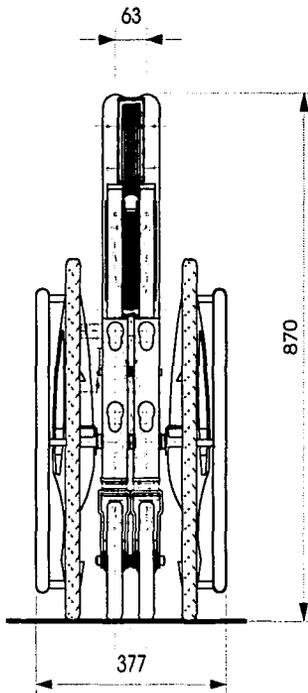
CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:10 | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

Medidas generales: 752 mm ancho, 870 mm altura.



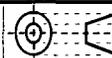
VISTA  
FRONTAL



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:10** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

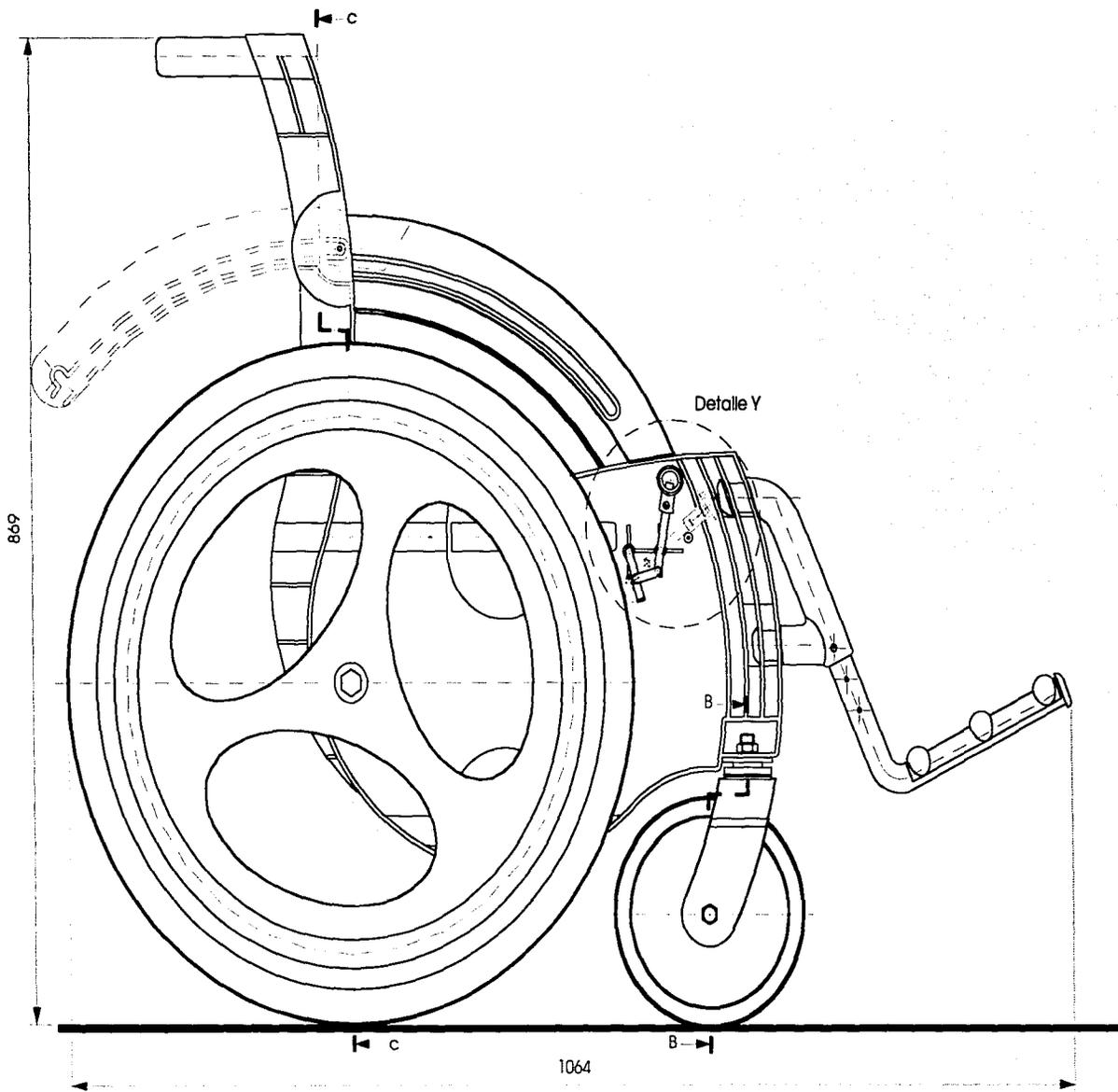
Medidas generales: 377 de ancho, 870 de altura.

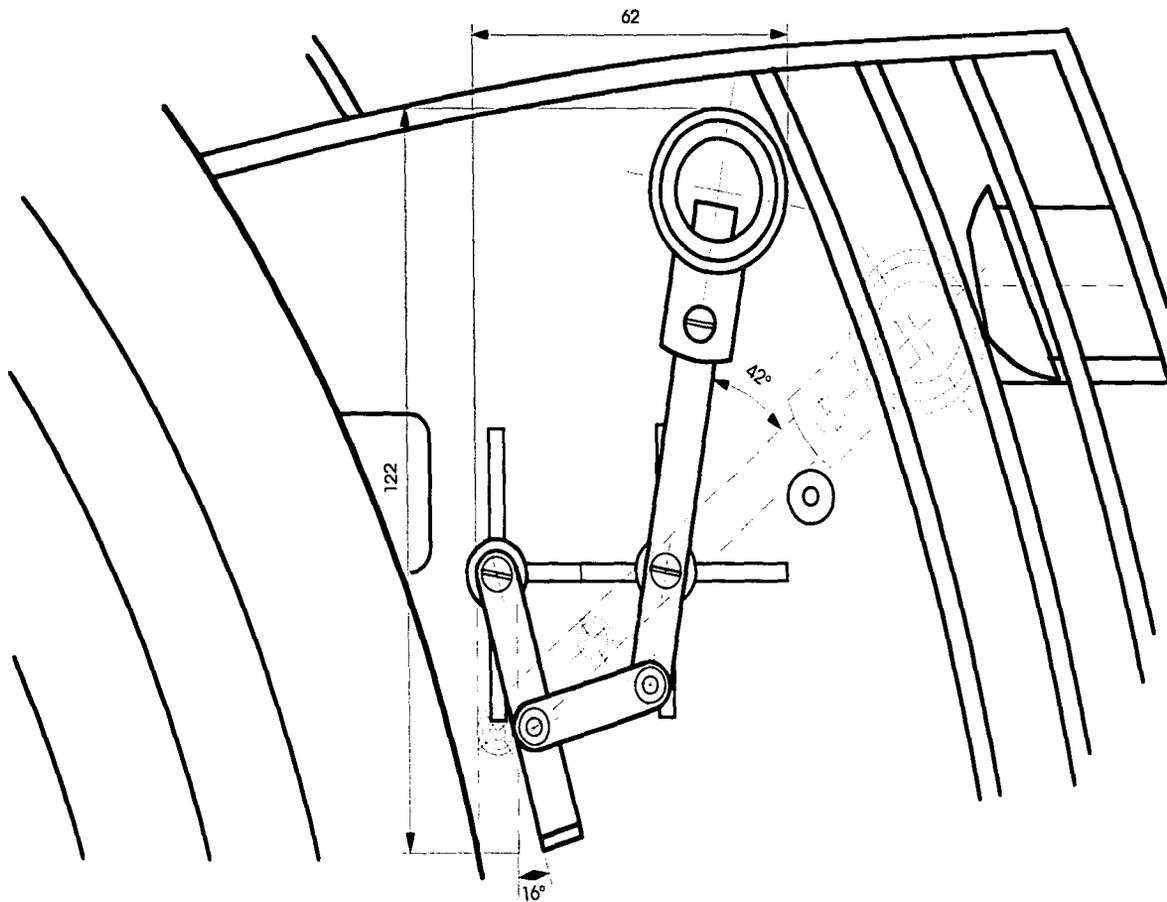


**Plegabilidad**



VISTA  
**FRONTAL**

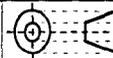




CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:1** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

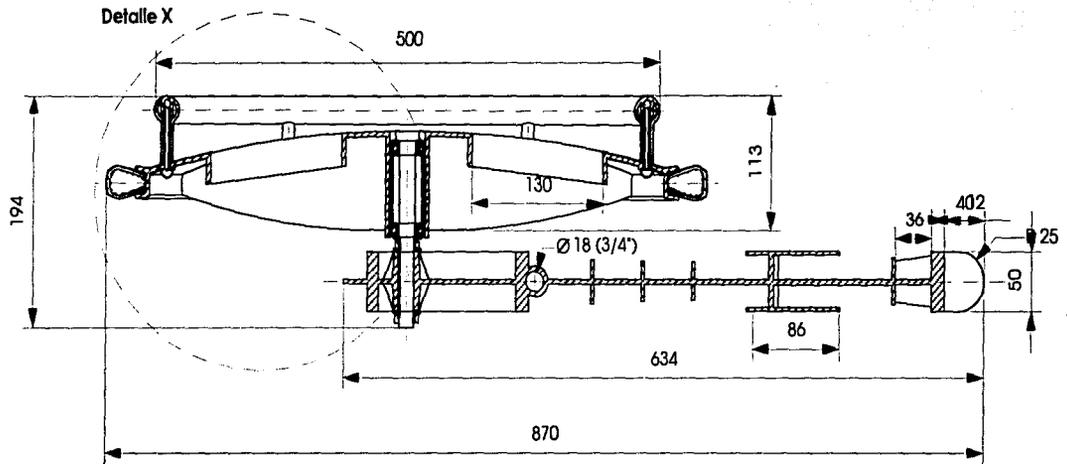
Finalidad del detalle: abatimientos y cotas del freno.



**Abatimiento  
Freno**

Detalle

Y



CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.



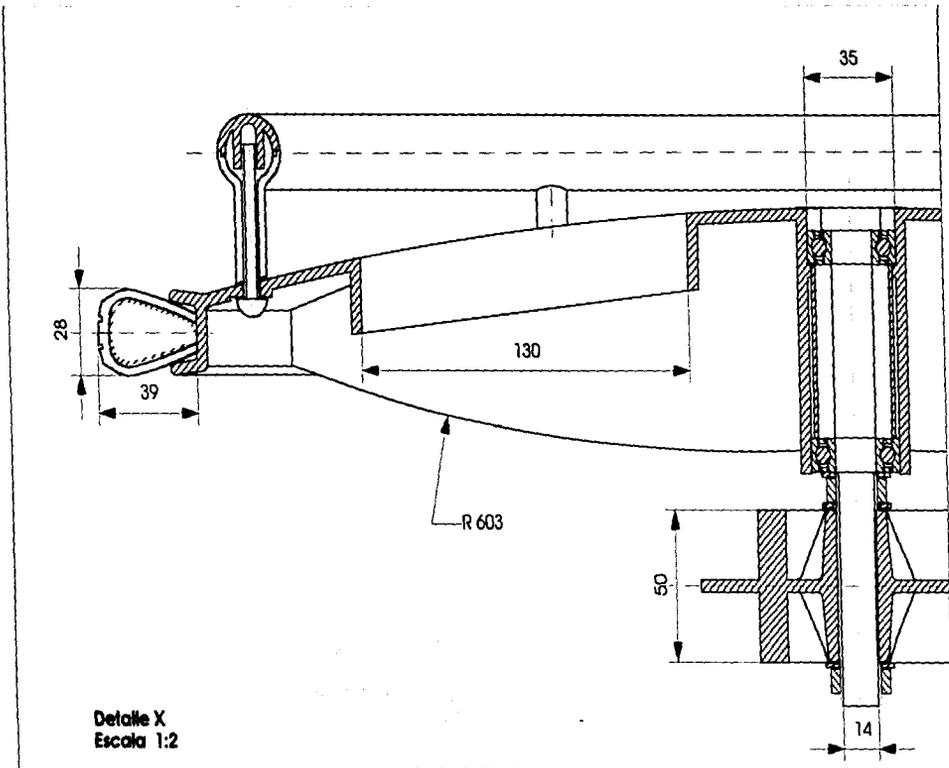
**SECCION**

**ESPECIFICACIONES:**

Sección girada 90º de las piezas P001, P003, P004 y P005.  
Objeto del corte: ensambles



**C**



Detalle X  
Escala 1:2

CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:2** | Cotas en mm.

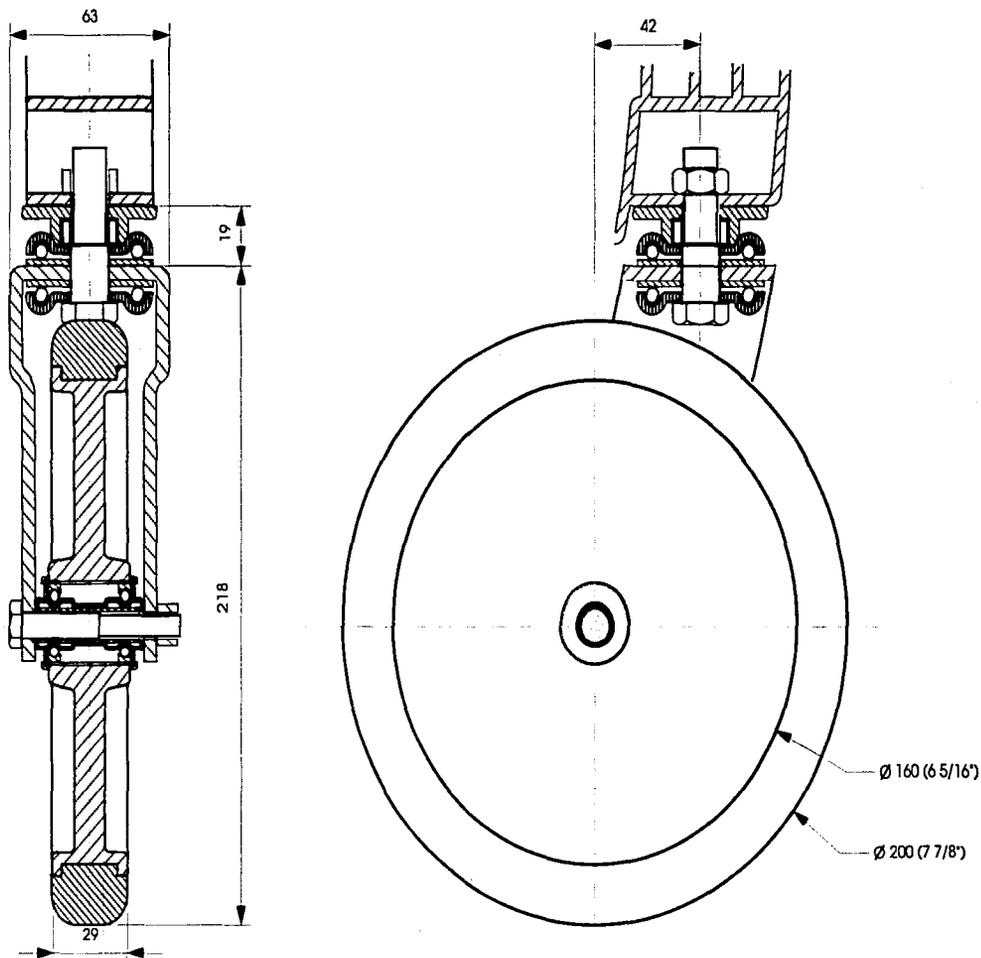
**ESPECIFICACIONES:**

Finalidad del detalle: medidas en los ensambles de la sección C.



DETALLE

X



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE** LUIS ERNESTO | **ESCALA 1:2** | Cotas en mm.

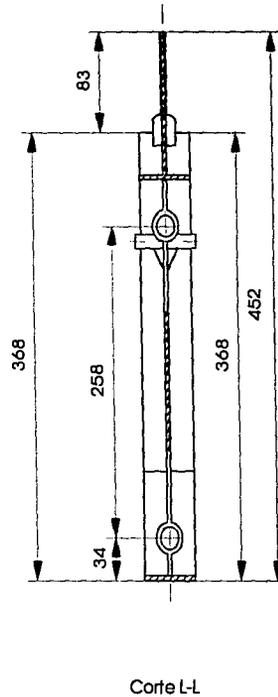
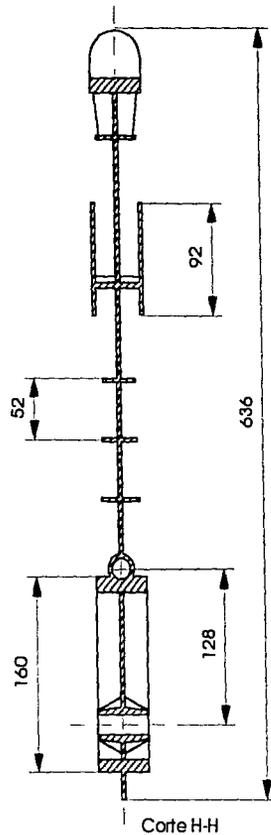
**ESPECIFICACIONES:**

Finalidad de la sección: ensambles de P006, P007, R006 y R007.  
 Medidas de baleros y barrenos y detalle de ensambles.



**SECCION  
B**





CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

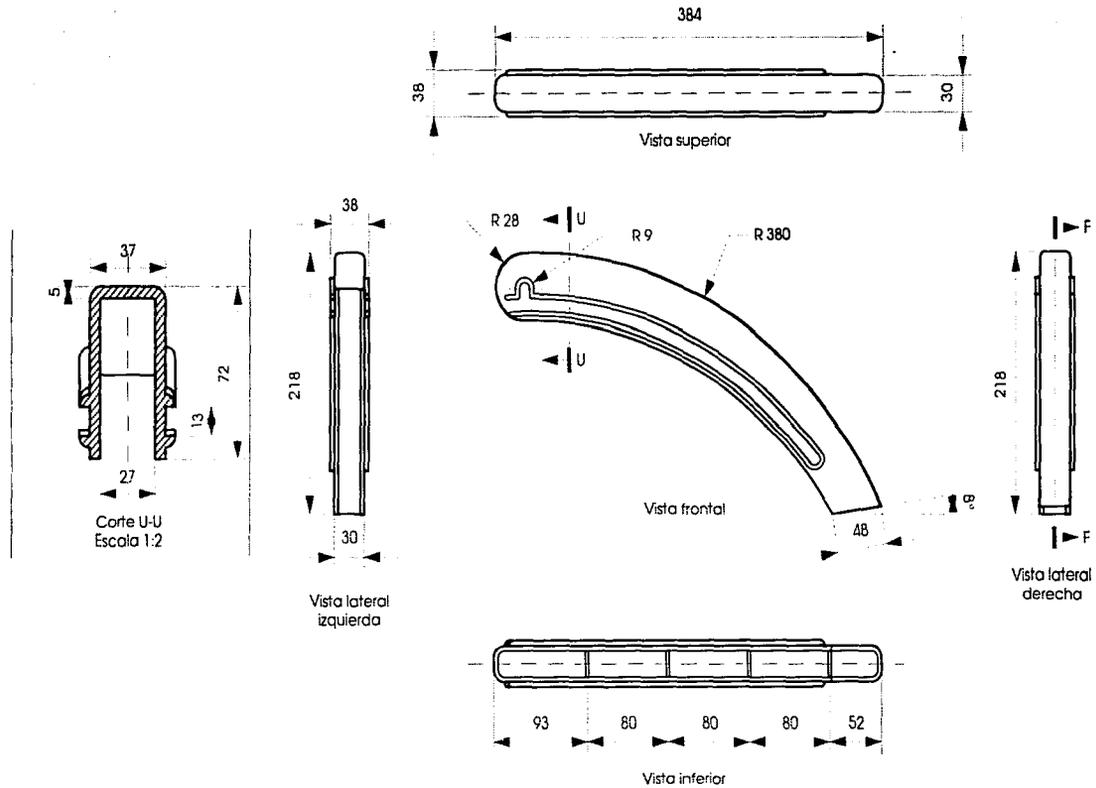
Secciones H-H y L-L de la pieza P001.  
Espesor de pared 4mm. Espesor de nervaduras 3mm.



**SECCIONES**



**H-H**  
**L-L**



CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

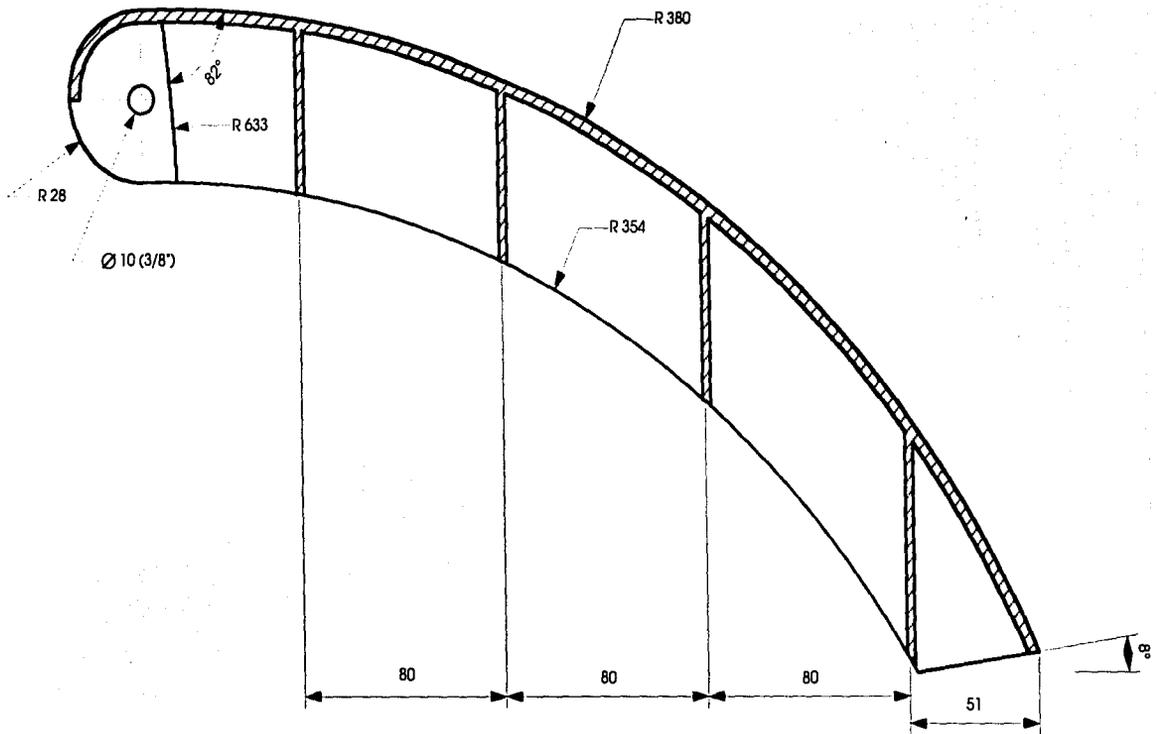
Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
 Medidas generales de 384 de ancho, 218 de alto y 38 de fondo.  
 Espesor de pared: 4 mm. Espesor de nervaduras: 3mm.



**Descansa-  
brazos**

PIEZA N°

**POO2**



CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

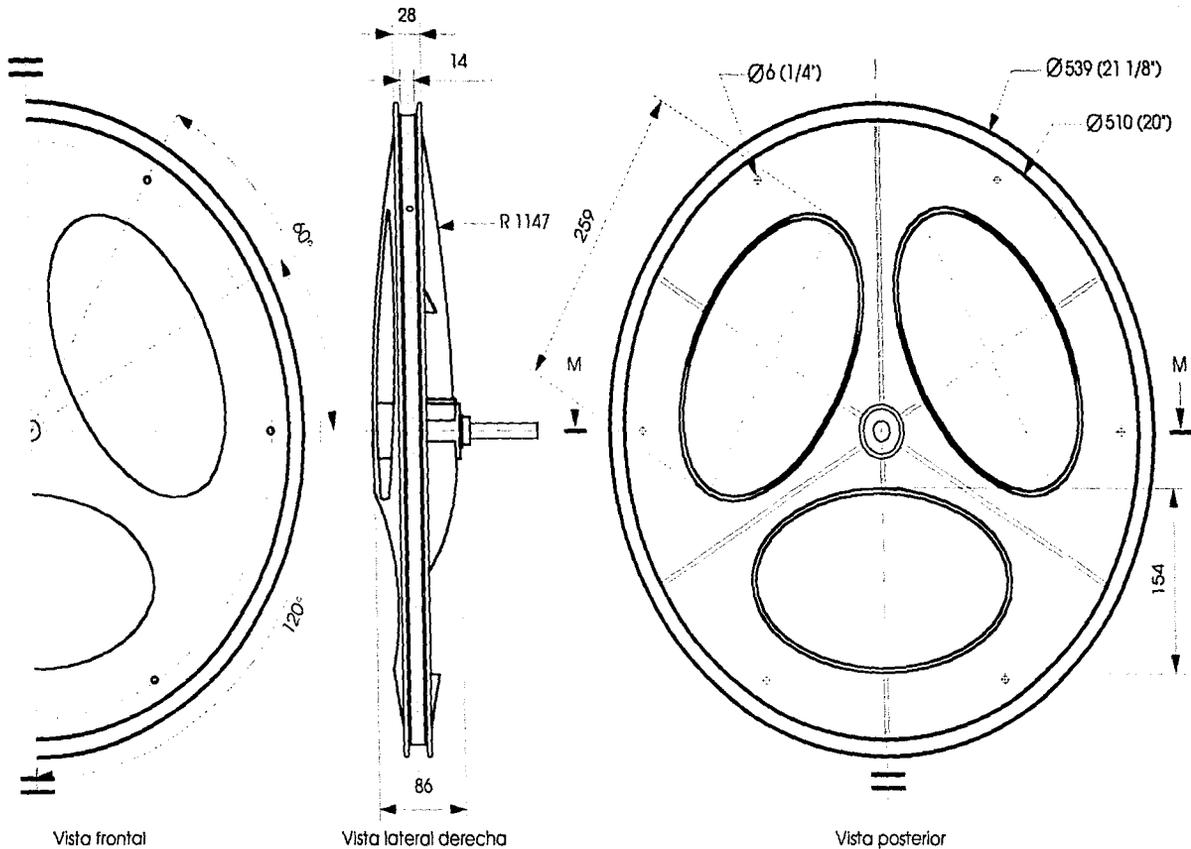
Finalidad del corte: composición de la pieza P002, dimensiones y distribución de nervaduras interiores.



**DESCANSA-  
BRAZOS**



**CORTE  
F-F**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:5** | Cotas en mm.

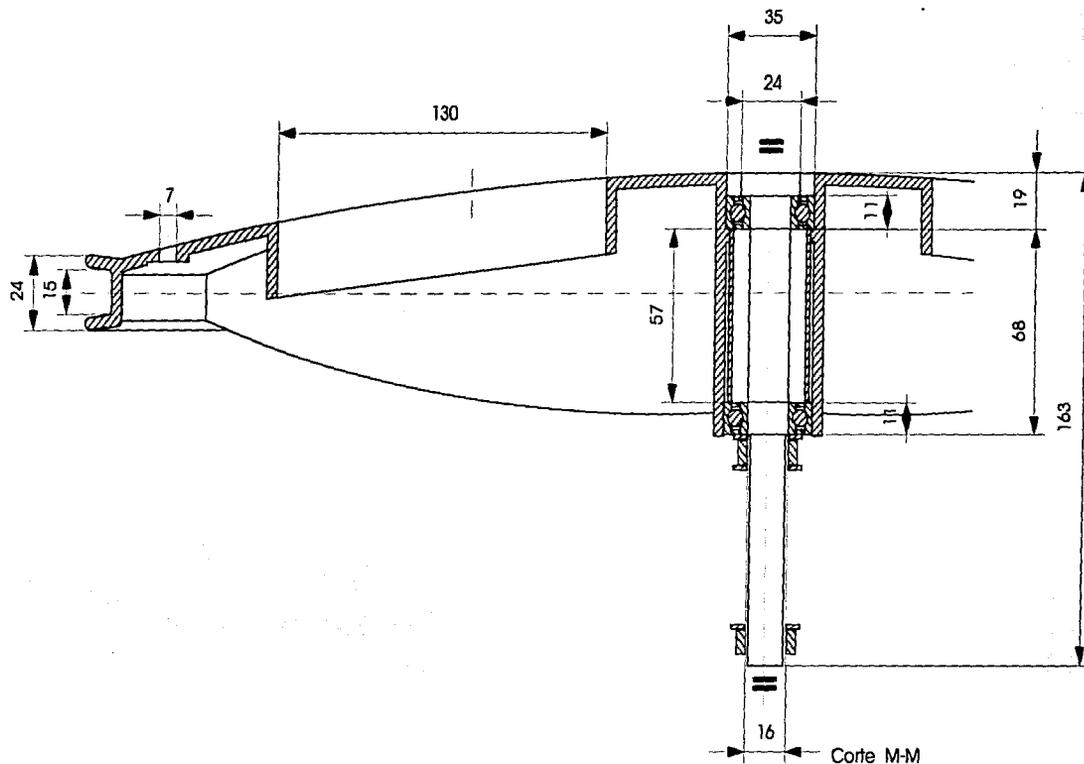
**ESPECIFICACIONES:**

Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado brillante.  
 Medidas generales de 539 de diámetro y 85 de fondo.  
 Espesor de pared: 3 mm.



**RHIN**

PIEZA N°  
**POO3**



CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.



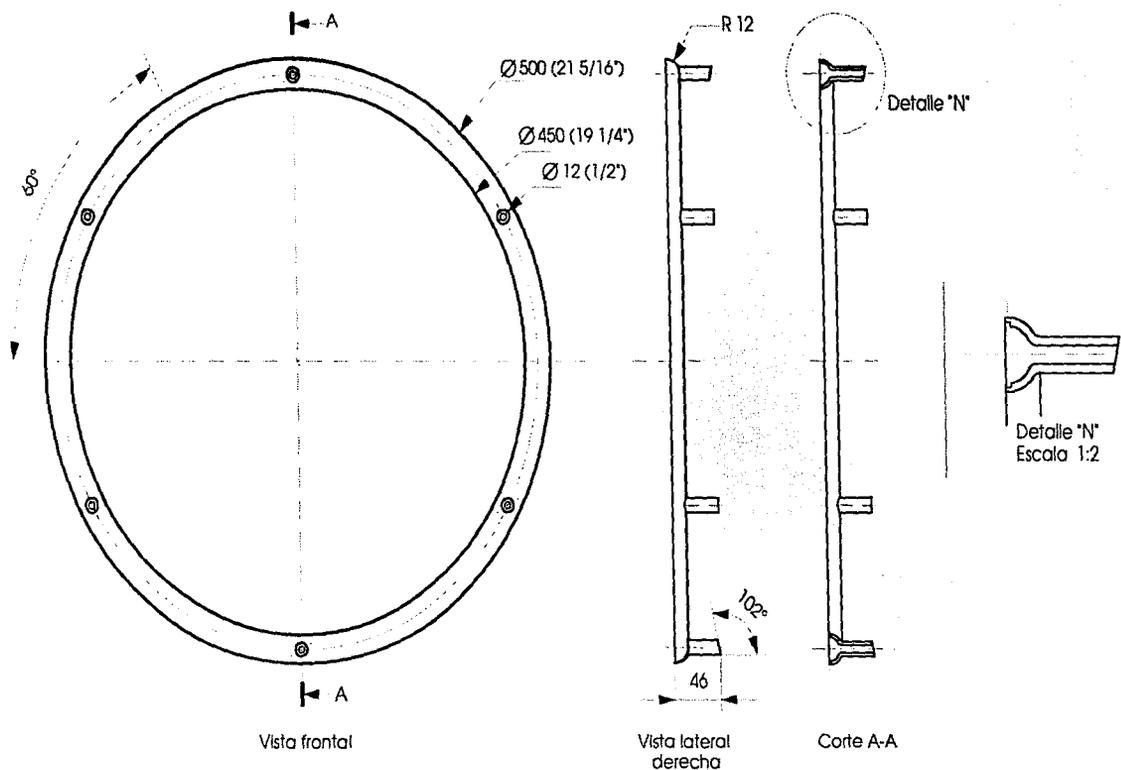
RHIN-P003

**ESPECIFICACIONES:**

Finalidad del corte: ensambles de P003 con M002 y medidas interiores.



CORTE  
M-M



CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

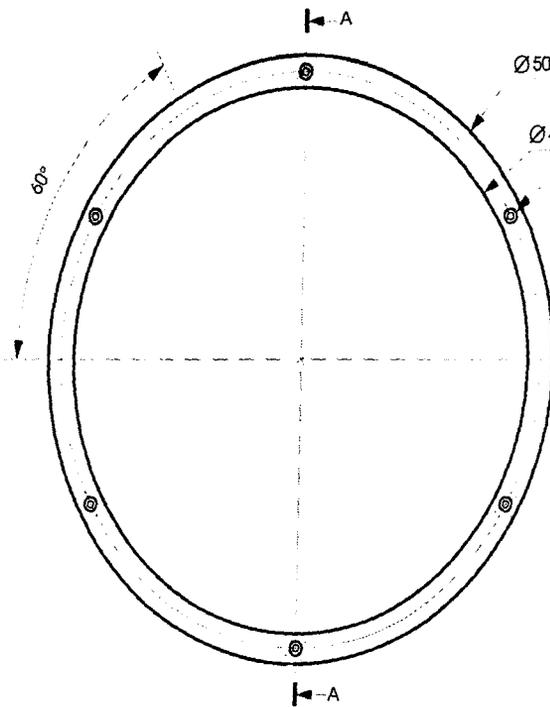
Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
 Medidas generales de 500 de diámetro exterior, 12 de diámetro del aro y 50 de fondo.  
 Espesor de pared: 3 mm.



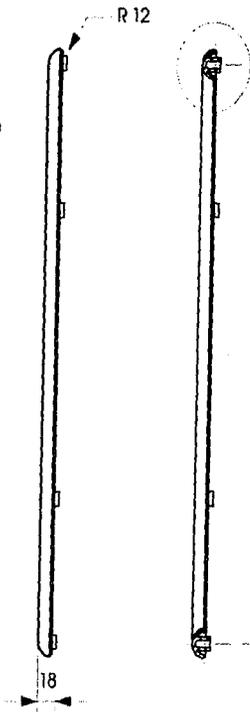
**ARO "A"**

PIEZA N°

**POO4**

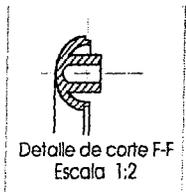


Vista posterior



Vista lateral izquierda

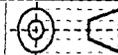
Corte F-F



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:5** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

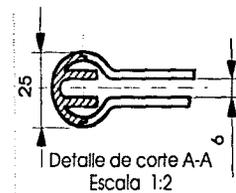
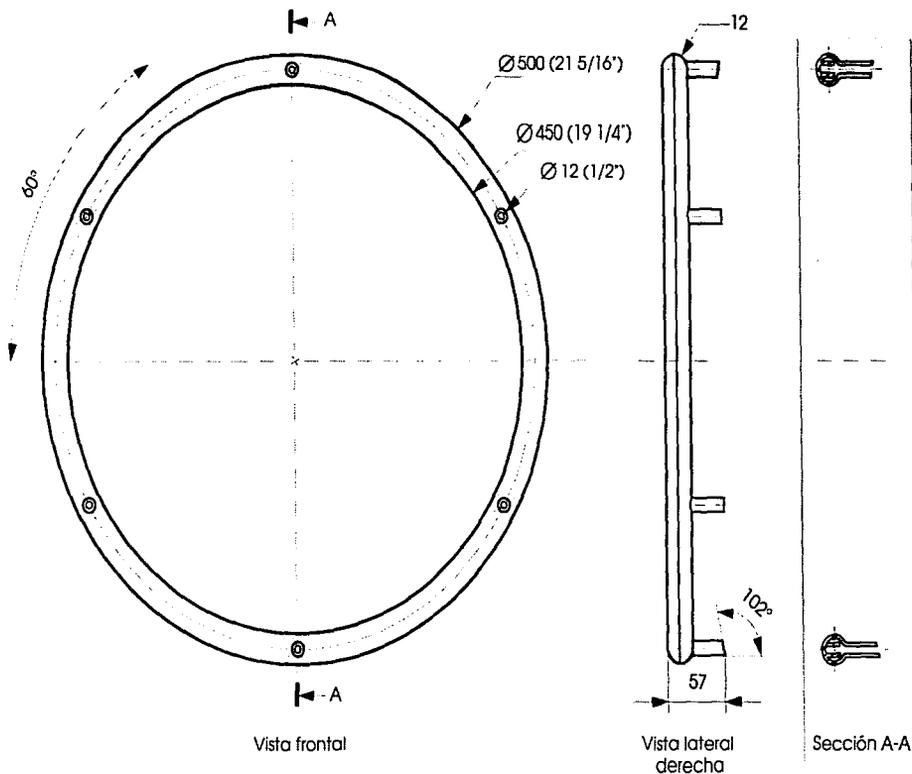
Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
 Medidas generales de 500 de diámetro exterior, 12 de diámetro del aro y 50 de fondo.  
 Espesor de pared: 3 mm.



**ARO "B"**



**PIEZA N°**  
**POO5**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:5** | Cotas en mm.

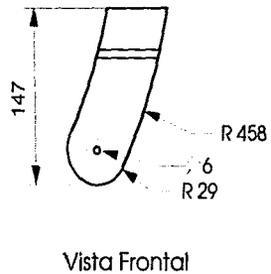
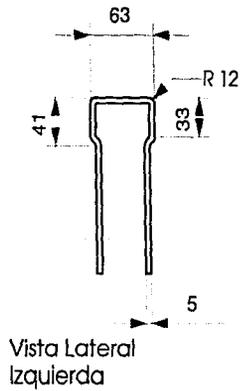
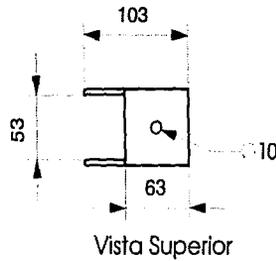
**ESPECIFICACIONES:**

Piezas inyectadas en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
 Medidas generales de 500 de diámetro exterior, 12 de diámetro del aro y 50 de fondo.  
 Espesor de pared: 3 mm.

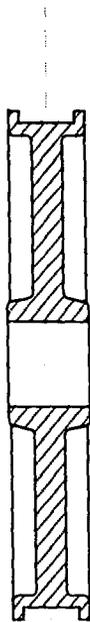


**ARO completo**

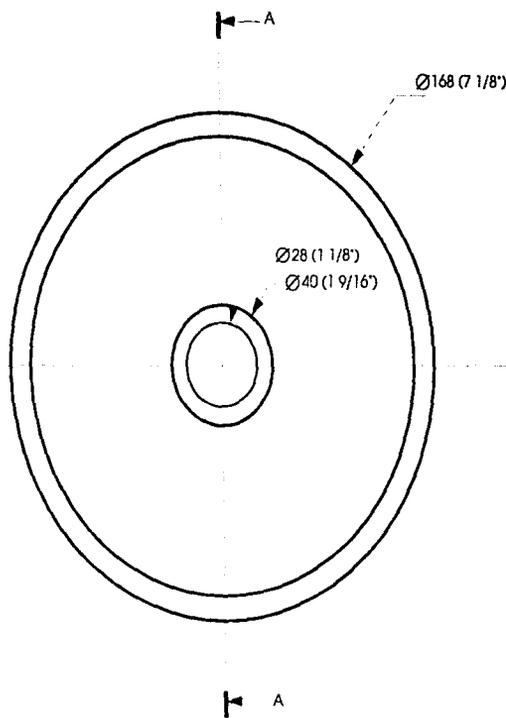
PIEZAS N°  
 P004 - P005



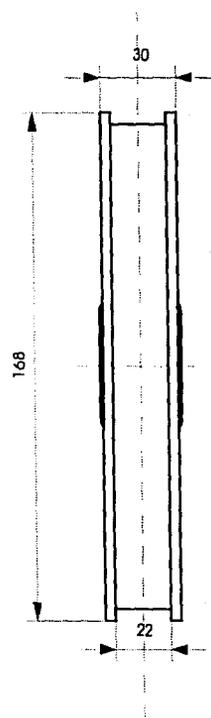
CIDI-UNAM	<b>ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO</b>	<b>ESCALA 1:5</b>	Cotas en mm.		<b>EJE-LLANTA DELANTERA</b>
<b>ESPECIFICACIONES:</b> Pieza Inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate. Espesor de pared: 5 mm.					PIEZA N° <b>POO6</b>



Corte A-A



Vista Frontal



Vista Lateral Derecha

CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:2** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

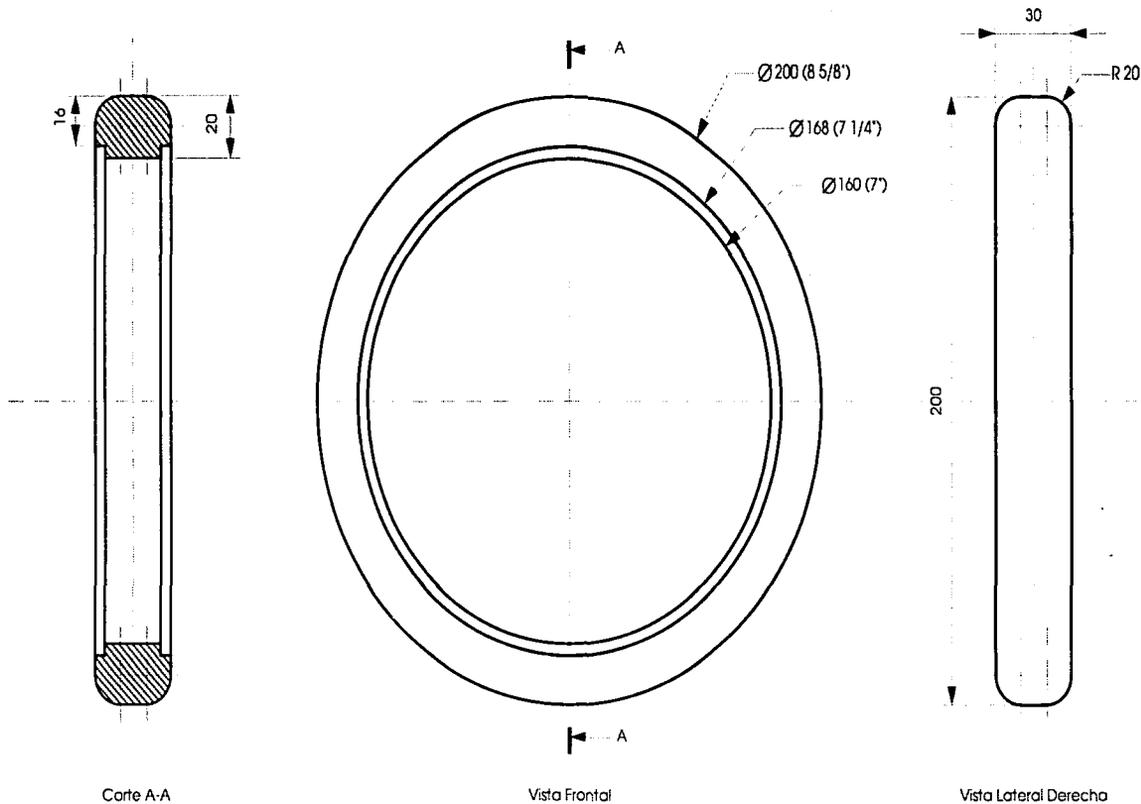
Pieza Inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
Medidas generales: 168 mm. de diámetro, 32 mm. de ancho.



**RHIN  
DELANTERO**

PIEZA N°

**P007**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

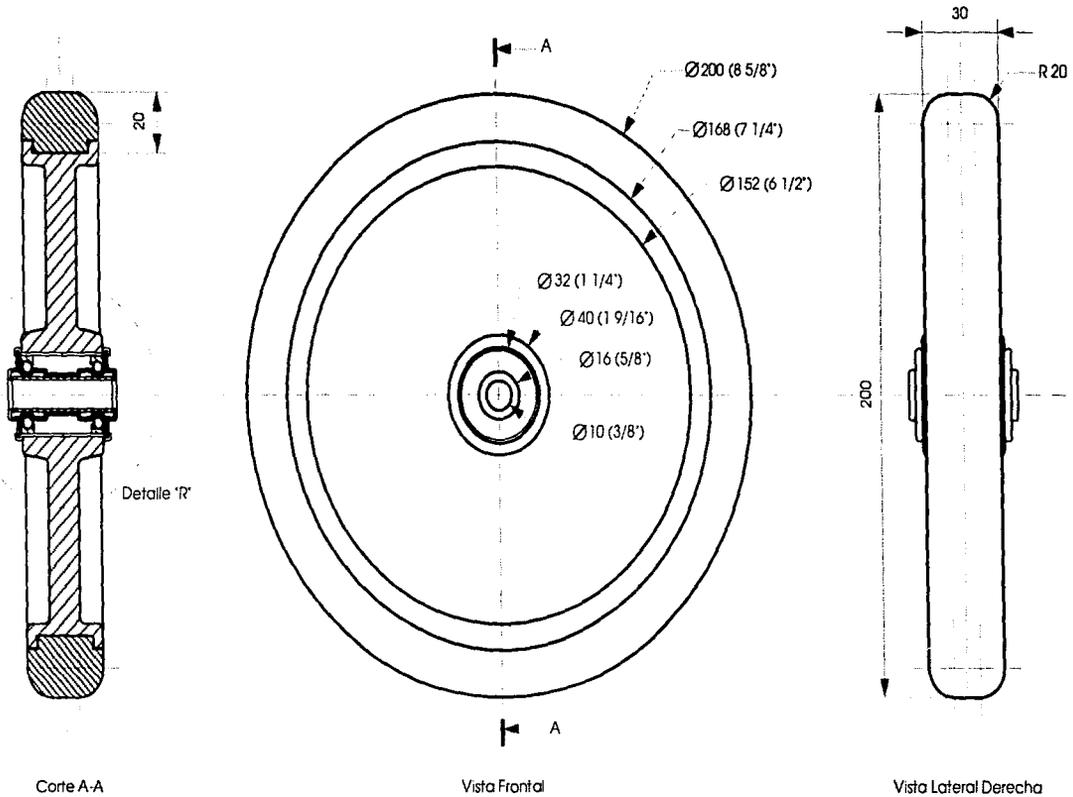
Pieza inyectada en polietileno de baja densidad acabado brillante.  
Medidas generales: 200 mm. de diámetro, 30 mm. de ancho.



**LLANTA  
DELANTERA**

PIEZA N°

**P013**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.

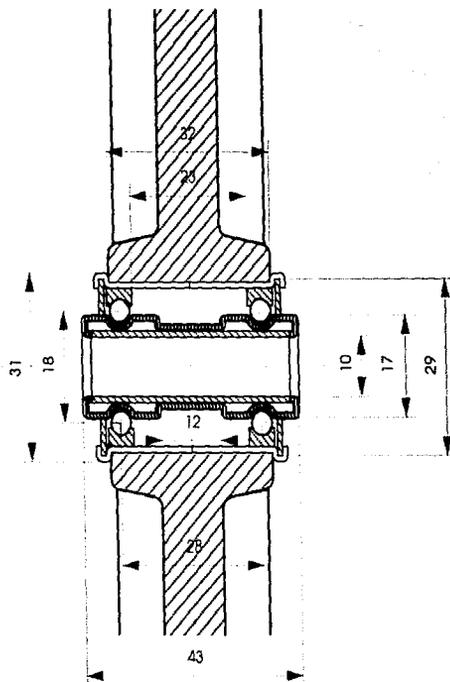
**ESPECIFICACIONES:**

Piezas P006, P013 y M001 ensambladas



**LLANTA  
DELANTERA**

**ENSAMBLES**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE** LUIS ERNESTO | **ESCALA 1:1** | Cotas en mm.



**ESPECIFICACIONES:**

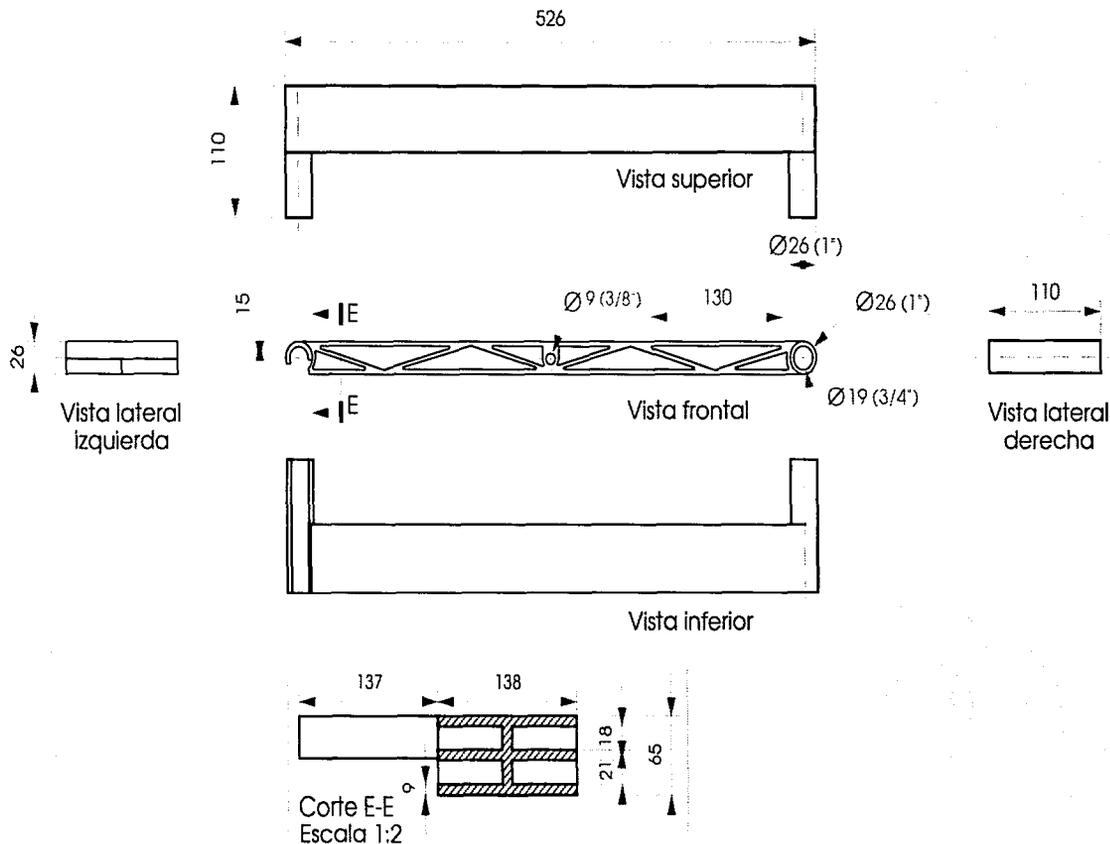
Finalidad del detalle: configuración y cotas de la masa de la llanta delantera.



**Masa**

**DETALLE**

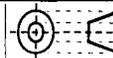
**R**



CIDI-UNAM **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** ESCALA 1:5 Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

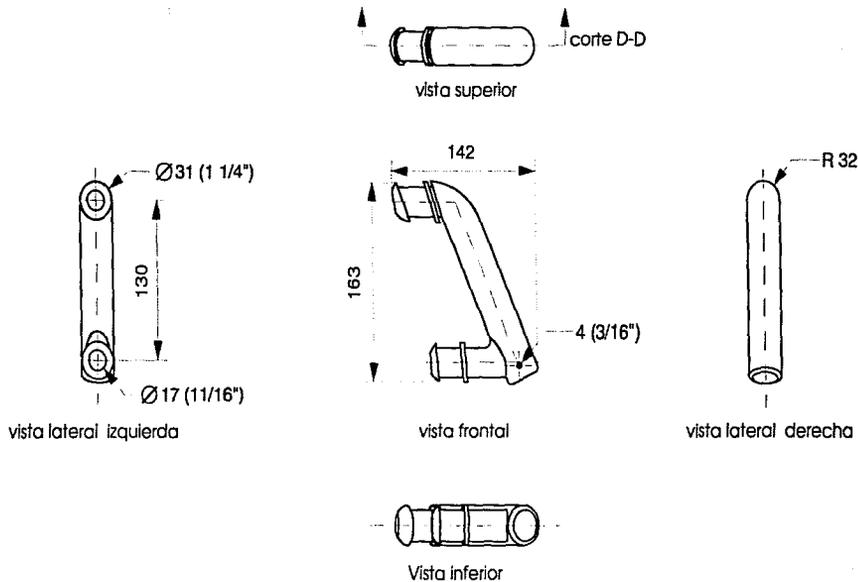
Pieza Inyectada en polipropileno de alta densidad acabado brillante.  
 Espesor de pared: 3 mm. Barreno central de 9mm.  
 Diámetro Interior en extremos de sujeción de 19 mm.



**Cruceta**

PIEZA N°

**POO7**



CIDI-UNAM

ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO

ESCALA 1:5

Cotas en mm.



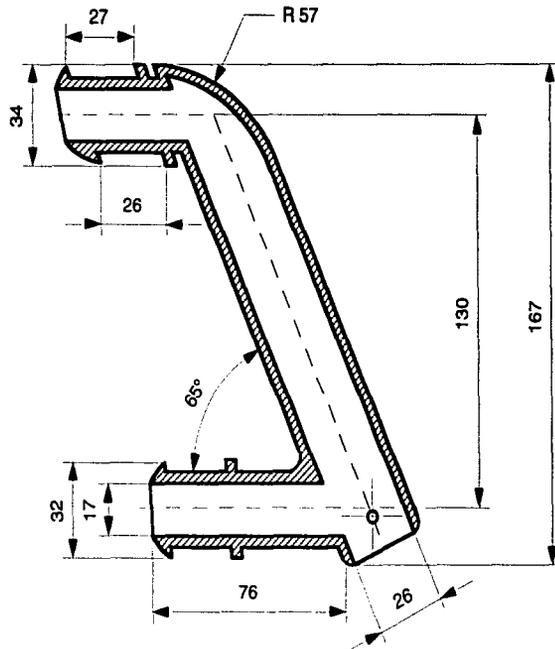
**CONECTOR  
PENERA**

**ESPECIFICACIONES:**

Pieza Inyectada en polipropileno de alta densidad acabado brillante.  
Medidas generales de 32 de diámetro exterior, 17 de diámetro interior, 142 de ancho y 163 de alto. Espesor de pared: 4 mm.



PIEZA N°  
**POO9**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

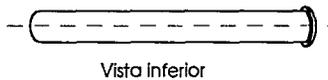
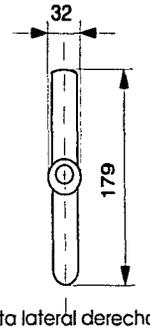
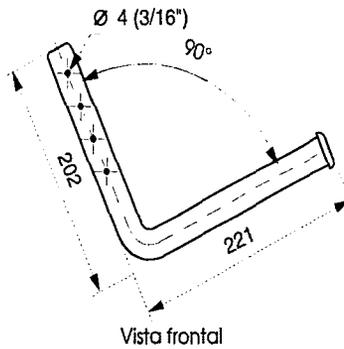
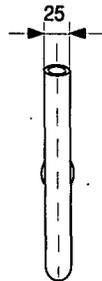
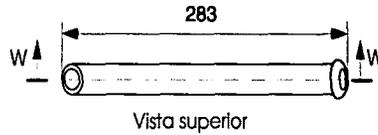
Finalidad del corte: composición de la pieza P009 y medidas interiores.



**CONECTOR  
PENERA**



**CORTE  
D-D**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE** LUIS ERNESTO | **ESCALA 1:5** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

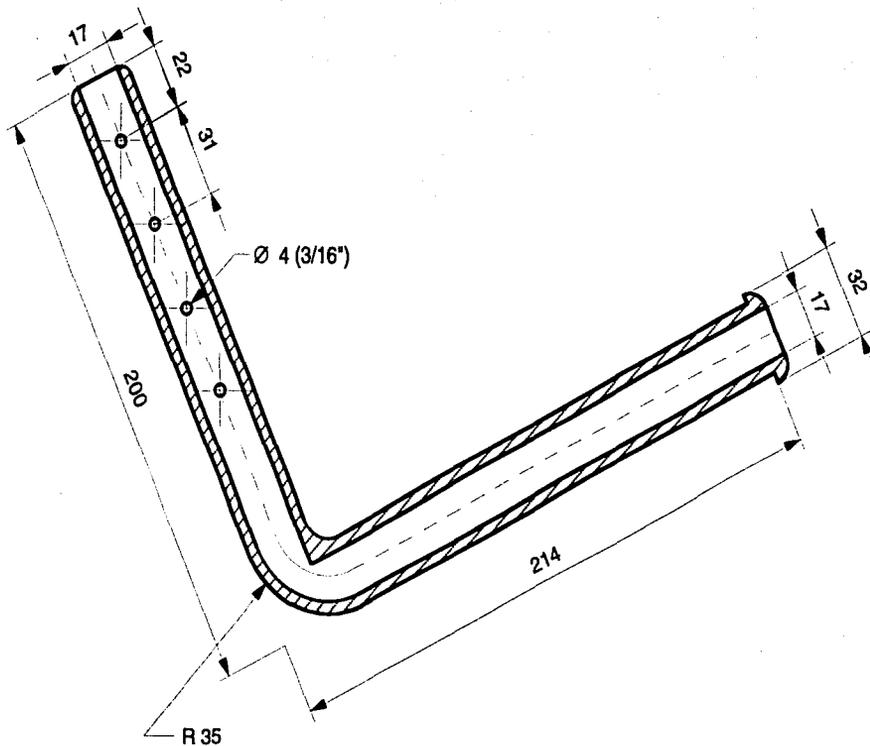
Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado brillante.  
 Medidas generales: 25 de diámetro exterior, 17 de diámetro interior y barrenos de 3mm.  
 Espesor de pared: 4 mm.



**AJUSTADOR  
 PERNERA**

**PIEZA N°**

**PO10**



CIDI-UNAM

ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO

ESCALA 1:2

Cotas en mm.



**AJUSTADOR  
PENERA**

**ESPECIFICACIONES:**

Finalidad del corte: composición de la pieza P010 y medidas interiores.



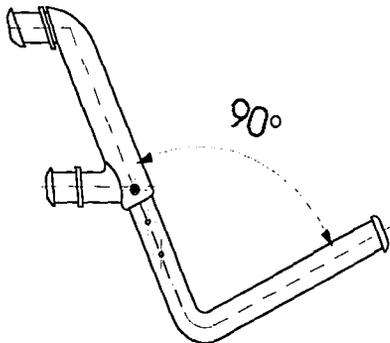
**CORTE  
X-X**



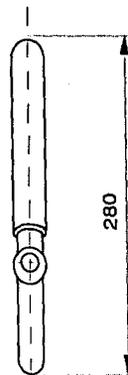
Vista superior



vista lateral izquierda



Vista frontal



vista lateral derecha



Vista inferior

CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:5** | Cotas en mm.

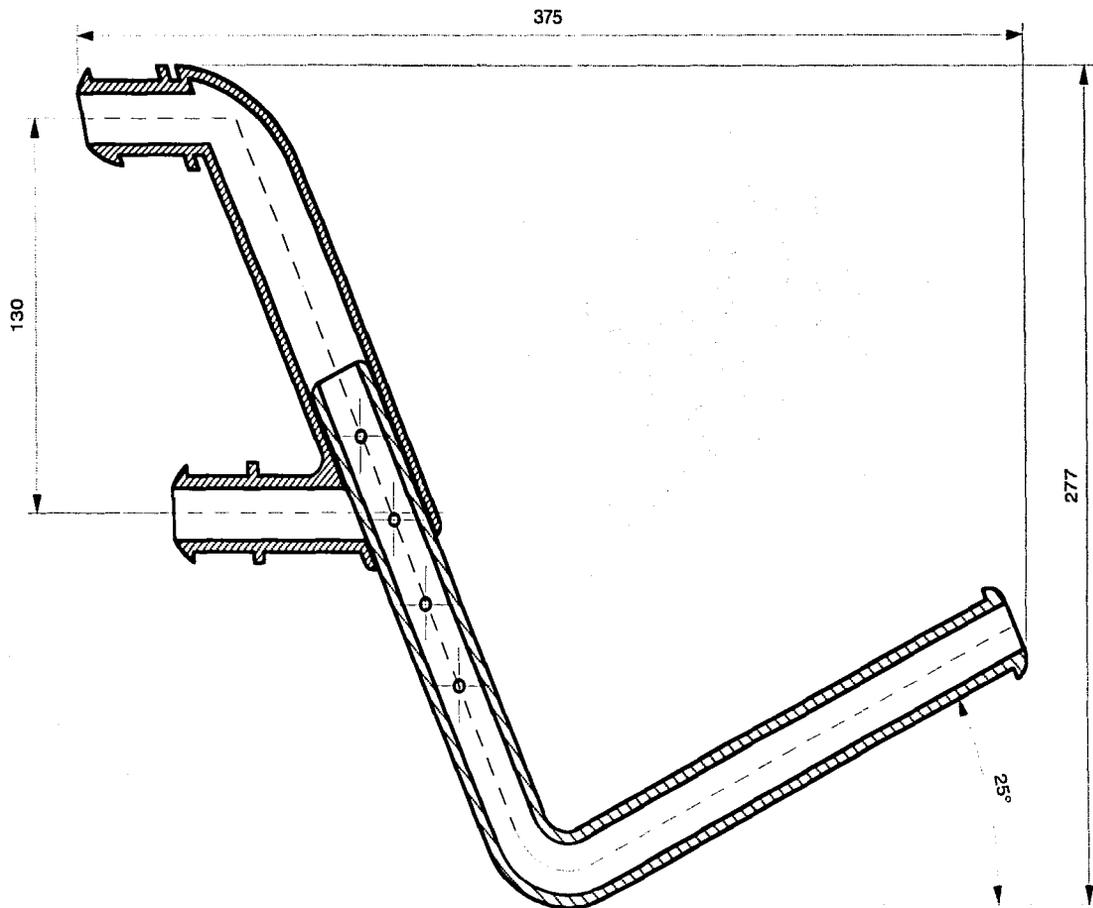
**ESPECIFICACIONES:**

Piezas inyectadas en polipropileno de alta densidad acabado brillante.  
Espesor de pared: 4 mm.



**PERNERA  
COMPLETA**

**PIEZAS N°  
P009-P010**



CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:2 | Cotas en mm.

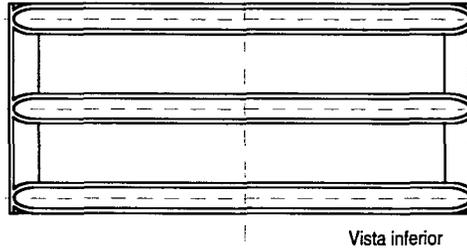
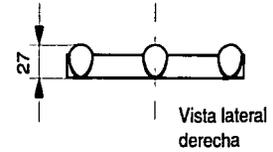
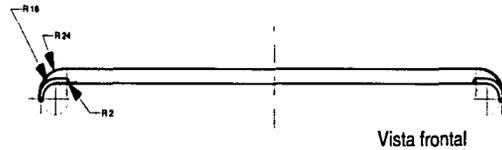
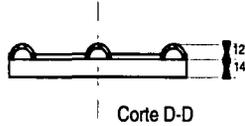
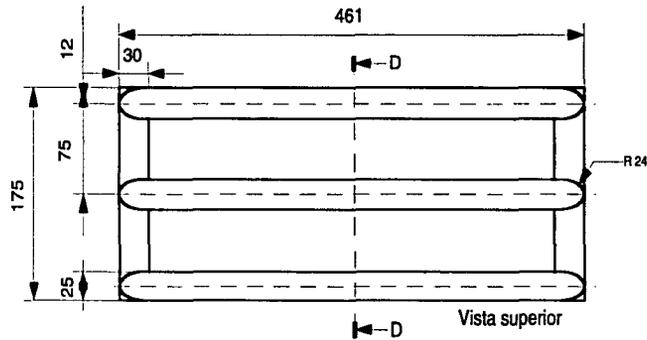
**ESPECIFICACIONES:**

Finalidad del corte: ensambles de P009 con P010 y medidas interiores.



**PERNERA**

**CORTE  
E-E**



CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:5 | Cotas en mm.

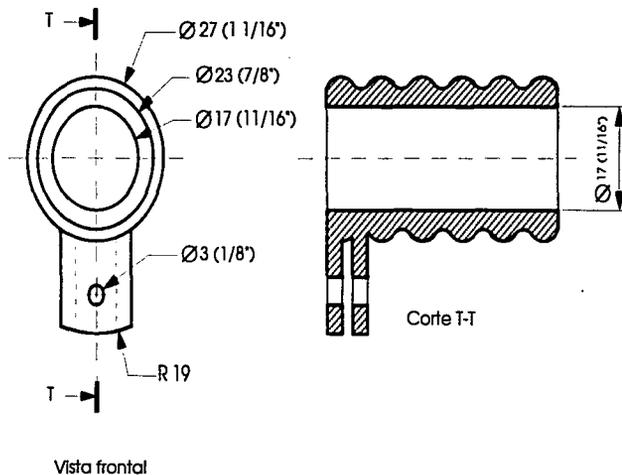
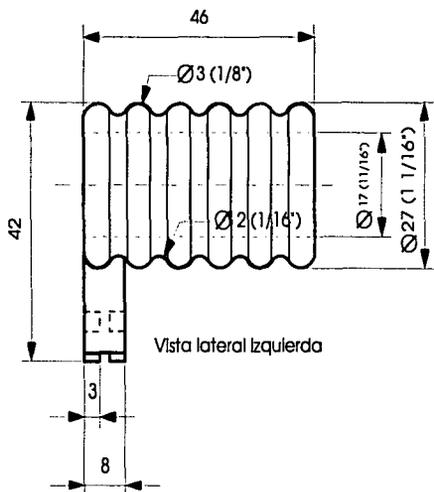
**ESPECIFICACIONES:**

Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
Medidas generales: 461 de ancho, 175 de altura y 25 de fondo.  
Espesor de pared: 4 mm.



**SOPORTE  
PENERA**

PIEZA N°  
**PO11**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | **ESCALA 1:1** | Cotas en mm.

**ESPECIFICACIONES:**

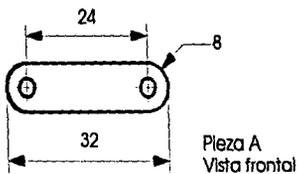
Pieza inyectada en polipropileno de alta densidad acabado mate.  
 Medidas generales: 27 de diámetro, 45 de ancho y 42 de altura.  
 Espesor de pared: 4 mm.



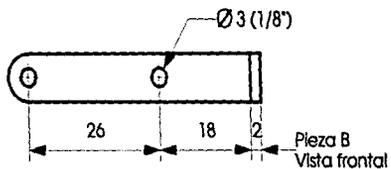
**Manija  
del freno**

PIEZA N°

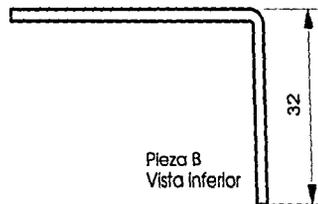
**P012**



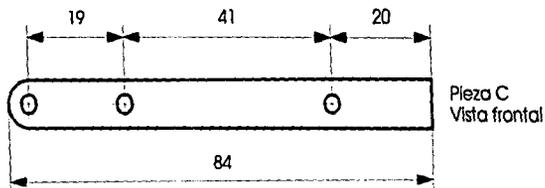
Pieza A  
Vista frontal



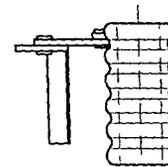
Pieza B  
Vista frontal



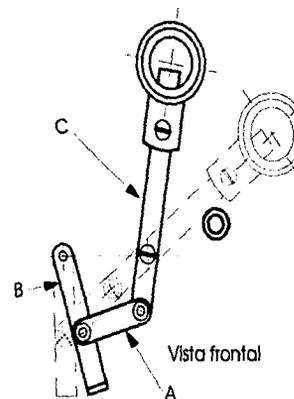
Pieza B  
Vista inferior



Pieza C  
Vista frontal



Vista superior



Vista frontal

Detalle de abatimiento  
Escala 1:2

CIDI-UNAM ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO ESCALA 1:1 Cotas en mm.

Freno

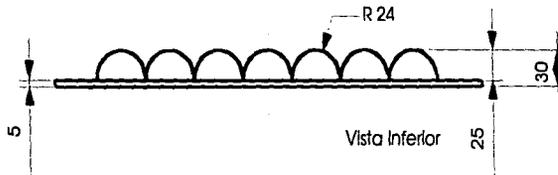
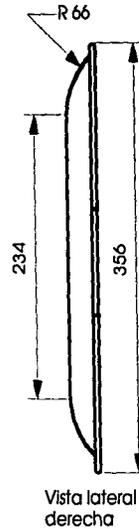
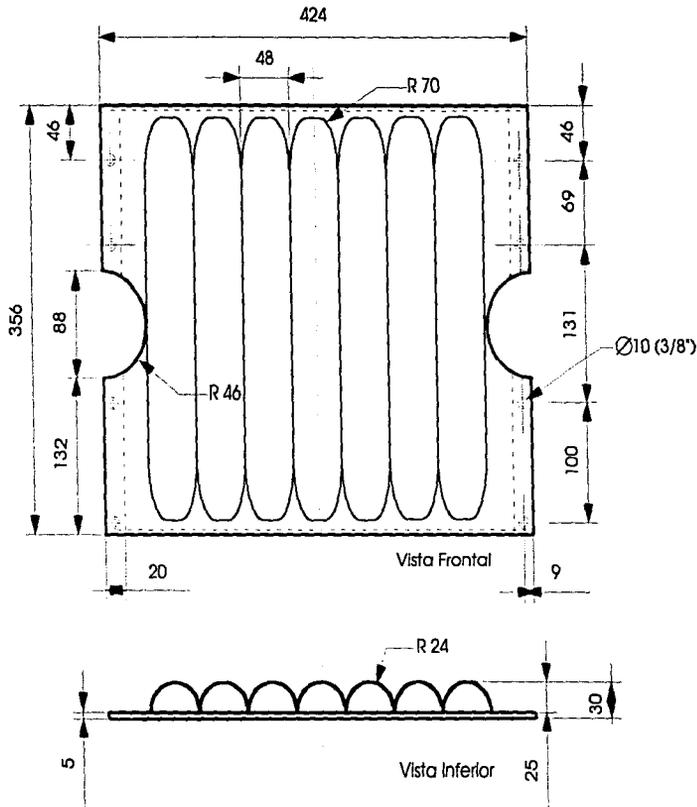
**ESPECIFICACIONES:**

Pieza fabricada de lámina de acero galvanizado de 2mm de espesor, troquelada, pulida, y barrenada a 3 mm.

Pieza A, B, y C, escala 1:1. Detalle de abatimiento y ensamble con P012, escala 1:2.



PIEZA N°  
**L001**



CIDI-UNAM | ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO | ESCALA 1:5 | Cotas en mm.

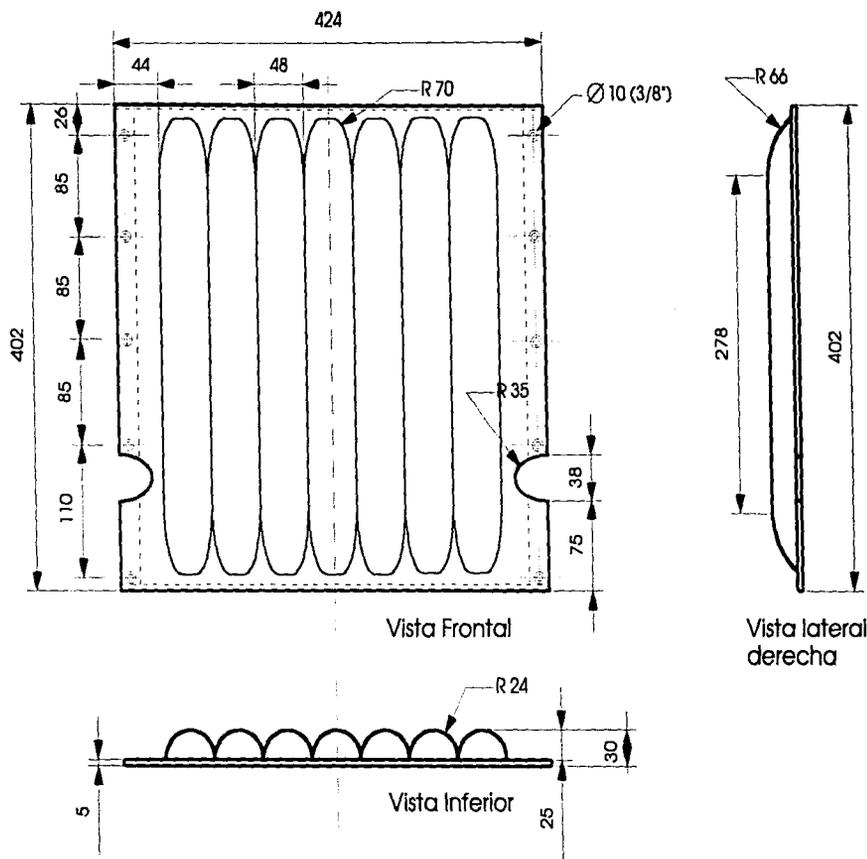
**ESPECIFICACIONES:**

Pieza confeccionada con Nylon CORDURA de DUPONT. Tipo 441 de 1000 denier.  
 Relleno de espuma de poliuretano de baja densidad, de 25 mm de espesor.  
 Proceso: Dimensionado y cortado del forro y relleno, cosido y ojillado.



**Respaldo**

PIEZA N°  
**T001**



CIDI-UNAM | **ELIZALDE RODARTE LUIS ERNESTO** | ESCALA 1:5 | Cotas en mm.



**Asiento**

**ESPECIFICACIONES:**

Pieza confeccionada con Nylon CORDURA de DUPONT. Tipo 441 de 1000 denier.  
 Relleno de espuma de poliuretano de baja densidad, de 25 mm de espesor.  
 Proceso: Dimensionado y cortado del forro y relleno, cosido y ojillado.



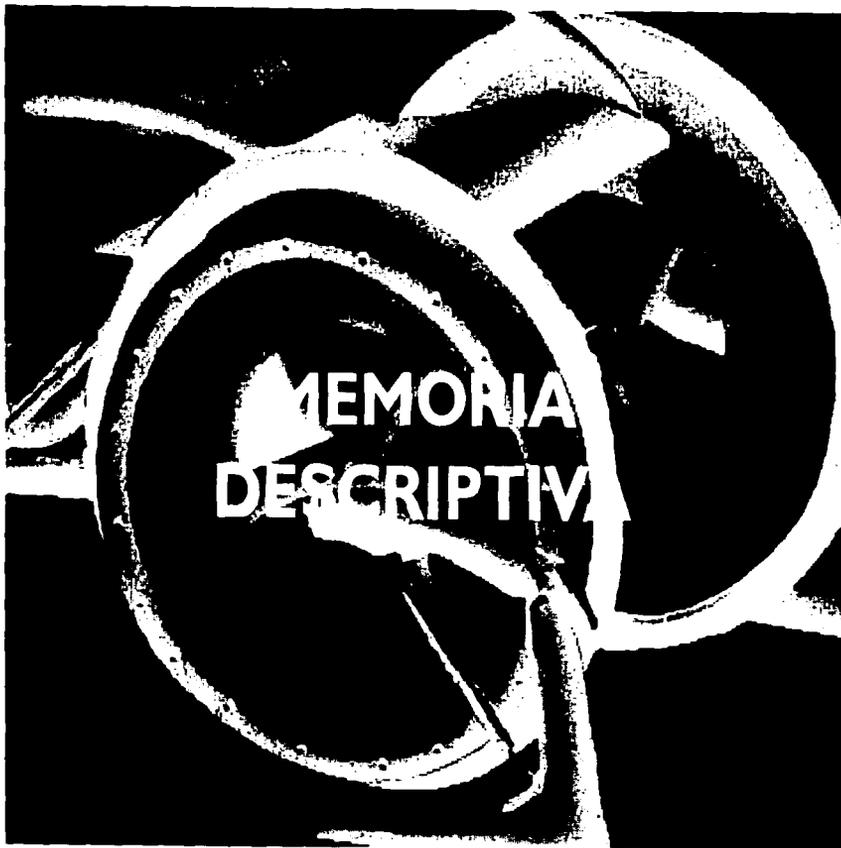
PIEZA N°

**T002**

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

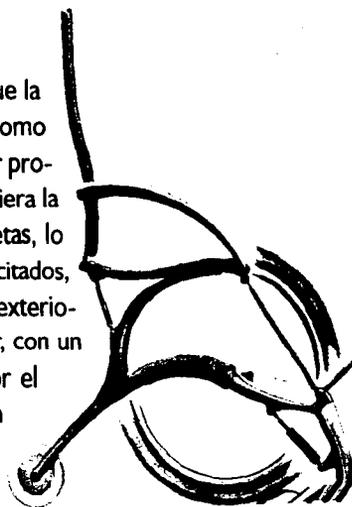
## Tabla de especificaciones

Codigo	Nombre	Cant	Material	Medida y o descripcion	Procesos
R001	Remache	18	Aluminio	1/4" x 1/4"	Comercial
R002	Ojillo	18	Acero	1/4"	Galvanizado
R003	Pija	18	Acero	1/4" x 1/2", cabeza de gota	Pavonado
R004	Tornillo-cruceta	1	Acero	4 1/2" x 1/2", cabeza hexagonal	Acerado
R005	Tuerca-cruceta	1	Acero	1/2", hexagonal	Acerado
R006	Tornillo-lanta delantera	2	Acero	2 1/2" x 5/16", cabeza hexagonal	Acerado
R007	Tuerca-lanta delantera	2	Acero	5/16", hexagonal	Acerado
R008	Tornillo-lanta trasera	2	Acero	6" x 5/8", cabeza hexagonal de 1"	Acerado
R009	Tuerca-lanta trasera	2	Acero	1", hexagonal	Acerado
L001	Freno	3	Acero galvanizado	Placa de 2mm. de espesor	Troquelado, pulido
L002	Tubo	2	Acero inox. pulido	3/4" x 16cm. Calibre 18, sección redonda	Dimensionado y cortado.
M001	Masa-lanta delantera	2	Acero	1 1/8" x 1 1/2" con dos baleros	Fabricación especial
M002	Masa-lanta trasera	2	Acero	1 1/2" x 3 1/4" con dos baleros	Fabricación especial
P001	Cuadro general	2	Polipropileno Alta D.	736 x 657 mm. acabado mate	Inyección
P002	Descansabrazos	2	Polipropileno Alta D.	348 x 218 x 38 mm. acabado mate	Inyección
P003	Rhin-lanta trasera	2	Polipropileno Alta D.	539 diámetro x 85mm. mate	Inyección
P004	Aro "A"	2	Polipropileno Alta D.	500 diámetro x 50 mm. mate	Inyección
P005	Aro "B"	2	Polipropileno Alta D.	500 diámetro x 8 mm. mate	Inyección
P006	Eje-lanta delantera	2	Polipropileno Alta D.	147 x 103 x 63 mm. mate	Inyección
P007	Rhin-lanta delantera	2	Polipropileno Alta D.	168 diámetro x 32 mm. mate	Inyección
P008	Cruceta	2	Polipropileno Alta D.	526 x 110 x 26 mm. brillante	Inyección
P009	Conector-pernera	2	Polipropileno Alta D.	142 x 163 x 32 mm. brillante	Inyección
P010	Ajustador-pernera	2	Polipropileno Alta D.	200 x 220 x 25 mm. brillante	Inyección
P011	Soprote-pernera	1	Polipropileno Alta D.	461 x 175 x 25 mm. mate	Inyección
P012	Manija-freno	1	Polipropileno Alta D.	27 x 45 x 42 mm. mate	Inyección
P013	Lanta delantera	2	Poliuretano Baja D.	200 diámetro x 30 mm. brillante	Inyección
T001	Respaldo	1	Nylon	356 x 424 mm. Cordura 441 de 1000 denier	Dimensionado, cortado, cosido, ojillado
T002	Asiento	1	Nylon	402 x 424 mm. Cordura 441 de 1000 denier	Dimensionado, cortado, cosido, ojillado
N001	Neumático trasero	2	Caucho	24 3/8", con cámara, marca Tornel	Comercial



## Memoria Descriptiva y conclusiones:

La propuesta de una silla de ruedas económica, no fue la primer idea para la realización de la presente tesis, así como tampoco lo fue el diseñarla en plástico inyectado. La primer propuesta fue el diseño de una silla de ruedas urbana, que tuviera la particularidad de poder subir desniveles, así como banquetas, lo cual es una tarea bastante difícil para la mayoría de los discapacitados, por lo que se les dificulta en gran manera el transporte en exteriores. La propuesta consistía en una silla fabricada en Kevlar, con un dispositivo mecánico-neumático, que al ser accionado por el usuario impulsara suavemente la silla sobre la superficie en desnivel (propuestas 1 y 2). Tenía la desventaja de ser muy complicado, por lo que su precio de venta sería considerablemente caro.



**Propuesta 1**

En una visita de investigación en el Instituto Mexicano de Rehabilitación, me fue explicado que la gran mayoría de las personas que requieren de una silla de ruedas en México, no tienen los recursos suficientes para comprarlas, por lo que dejan de comprarse miles de sillas de ruedas al año. Fue de esta manera que surgió la idea de desarrollar una silla de ruedas económica sin grandes lujos, que abarcara las necesidades básicas de confort, y que estuviera al alcance de la mayoría, en lugar de desarrollar una silla de ruedas ostentosa, que sólo pocas personas podrían adquirir. Esta fue la meta, por lo que el objetivo ahora era el lo-

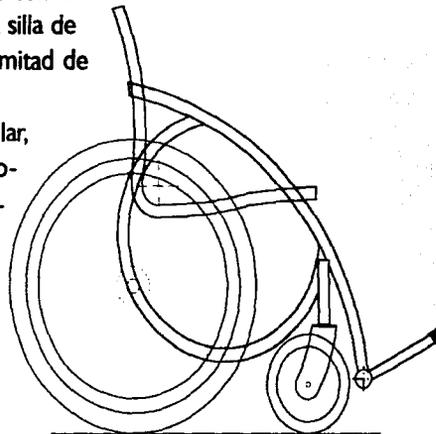


**Propuesta 2**

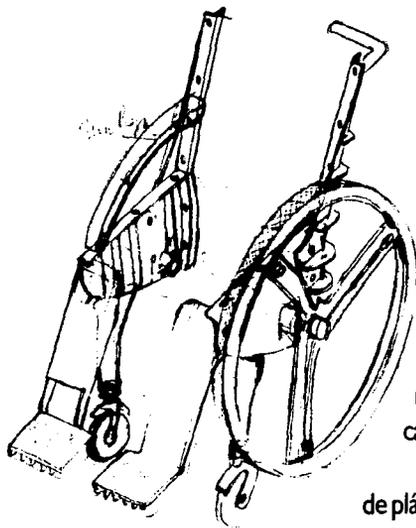


calizar el material o el proceso de optimización con el cual se reducirían costos para llegar a tener una silla de ruedas semejante a las convencionales, pero a mitad de precio.

En un principio se pensó en optimizar el tubular, reduciendo el número de piezas por medio de dobles, ahorrándose así el soldar o atornillar demasiados tubos (propuesta 3). El tubular de acero, ha sido en las sillas de ruedas actuales el material de construcción por excelencia, por lo que lo único que ha cambiado ha sido la forma de



**Propuesta 3**



**Propuesta 4**

estructurar el armazón, no dejando así lugar a grandes posibilidades de innovación en cuanto al proceso de producción. Por otro lado se empiezan a fabricar sillas con materiales nuevos como Kevlar y fibras de carbono, los cuales permiten facilidad en el diseño de formas orgánicas, además de proveer de mayor resistencia, pero tienen la desventaja de ser muy caros.

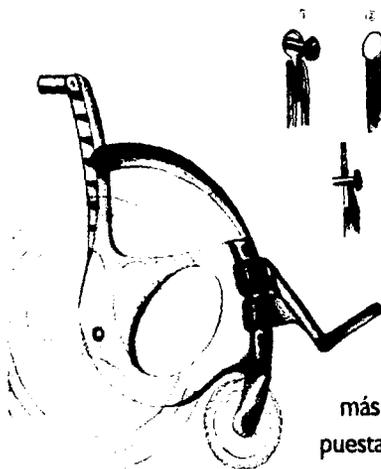
La idea de una silla de ruedas construida con piezas de plástico inyectado surgió inspirada de las sillas "monoblock" de plástico para jardín, que se venden en tiendas de supermercado a precios bajísimos (aprox. \$25.00 por unidad). Desde un principio



**Propuesta 5**

se contempló que no sería posible el diseñarla en una sola pieza, dados los requerimientos de plegabilidad y ajuste que son necesarios para su fácil y correcto uso, por lo que se procedió a reconocer las distintas partes que requerían construirse por separado, así como las partes que podrían eliminarse u optimizarse.

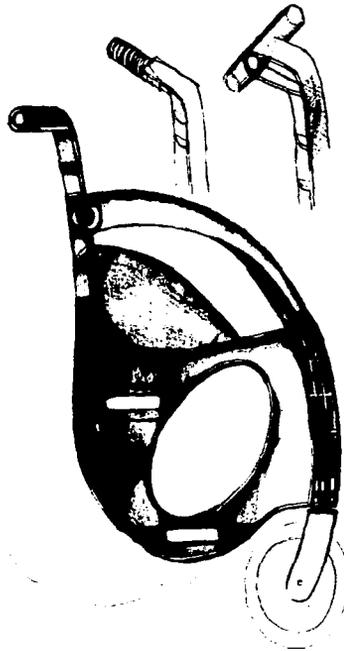
Después de reconocer éstas piezas en investigarse los requerimientos mínimos que requiere una silla de ruedas, se procedió a seleccionar el material adecuado para la construcción de las mismas. Se visitaron diversas empresas de producción de plásticos (BASF, CELANESE y DUPONT), y se determinó que el plástico adecuado para la fabricación de EQUIPLAST era el polipropileno con 20% de talco "PROCEL" de la industria HOECHST-CELANESE. Este polímero es ampliamente usado para piezas de ingeniería (piezas que soportan fuertes tensiones y esfuerzos), por lo que es muy recomendado para artículos de uso rudo, como carcazas de taladros y accesorios automotrices. Se descartó la idea de usar materiales como polietileno, por que a pesar de que éste es más barato, no es muy estable al interperie y no resiste grandes esfuerzos.



**Propuesta 6**

Los primeros diseños en plástico consistieron en piezas con formas muy adaptadas a los requerimientos, las cuales eran funcionalmente adecuadas, pero estéticamente malas (propuesta 4). Por lo que se empezó a trabajar más con la forma hasta llegar a un diseño muy similar a la propuesta final (propuestas 5 y 6). La desventaja de este diseño era que usaba piezas "izquierdas" y "derechas", por lo que el costo de los moldes se duplicaba.





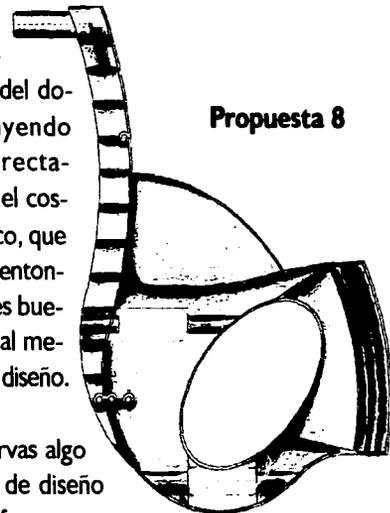
**Propuesta 7**

ces menor de \$300.00. Aún así el precio final de 606.45 es bueno, ya que las sillas que más competencia ofrecen valen al menos \$1000.00 y son de mucho menor calidad funcional y de diseño.

Cabe hacer notar que el diseño final de formas curvas algo orgánicas obedeció en gran parte a los requerimientos de diseño para piezas en plástico, en los que son recomendadas las formas curvas en lugar de ángulos rectos que ocasionan concentraciones de esfuerzos.

La verdadera complejidad radicó en diseñar piezas iguales para cada lado de la silla de ruedas, lo cual desencadenó una serie de problemas que consistían en integrar diversos requerimientos en ambas caras de las piezas, para que estuvieran disponibles en cualquier caso (propuesta 7).

Después de varios cambios y ajustes se consiguió la propuesta final (propuesta 8), la cual sobrepasó ampliamente las expectativas, aunque por otro lado el costo meta se vio frustrado, ya que con la devaluación de 1994, el precio de moldes, materia prima y maquinaria se elevó a más del doble, influyendo éstos directamente en el costo al público, que era en ese entonces



**Propuesta 8**



# GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA

# Glosario

## **Abducción.**

Movimiento de una extremidad hacia afuera del eje del cuerpo.

## **Aducción.**

Movimiento de una extremidad hacia el eje del cuerpo.

## **Afección.**

Proceso patológico que afecta a todo o parte del cuerpo humano.

## **Biomecánica.**

La biomecánica es el estudio de las leyes mecánicas y su aplicación en los organismos vivos, especialmente al cuerpo humano y su sistema locomotor.

## **Discapacitado.**

Definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS) desde el punto de vista “fisiológico-clínico”:

Se considera discapacitado o minusválido a aquella persona con “una disminución de la capacidad física que le impide su incorporación en condiciones normales a la sociedad, por lo que necesita de una atención y unos servicios asistenciales específicos para su incorporación y normal funcionamiento en la sociedad”, o también: “La existencia de una anomalía o pérdida anatómica o funcional en la persona”.

Definición de la Organización de Naciones Unidas (ONU):

Se entiende por discapacitado o minusválido toda persona incapaz de atender por sí sola total o parcialmente a las necesidades de su vida individual y/o social normal, como consecuencia de una deficiencia, congénita o no, en sus capacidades físicas o mentales.

Definición de los propios discapacitados:

“El minusválido es ese gran desconocido a quien nadie, en particular, niega sus derechos, pero al que todos, en general, marginan injustamente”.

## **Distal.**

Que se aleja o está lejos con respecto al punto de origen. Que se aleja o está lejos de la línea media o de un punto central, como las falanges distales.

## **Distrofia Muscular.**

Grupo de enfermedades transmitidas genéticamente caracterizadas por una atrofia progresiva de grupos simétricos de músculos esqueléticos, sin que se evidencie afectación o degeneración del tejido nervioso. En todas las formas de distrofia muscular existe una pérdida progresiva de fuerza, con discapacidad y deformidad en aumento, aunque cada tipo se diferencia por los grupos de músculos afectados, edad de comienzo, velocidad de progresión y el tipo de herencia genética.

## **Enfermedad congénita.**

Enfermedad presente desde el nacimiento, como un defecto o anomalía congénita.

## **Escápula.**

Cada uno de los dos grandes huesos triangulares planos que forman la parte dorsal de la cintura escapular.

## **Espina bífida.**

Defecto congénito del tubo neural, caracterizado por anomalías del desarrollo del arco vertebral posterior. La espina bífida que no va acompañada de hernia de la meninges o del contenido del canal raquídeo, rara vez requiere tratamiento.

## **Estigma.**

1. Marca o señal impresa que caracteriza algún defecto.
2. Lesión orgánica que indica la existencia de ciertas enfermedades.
3. Mancha moral o física.

## **Hipotensión postural.**

Descenso importante de la tensión arterial que se produce cuando un individuo se pone de pie.

## **Hemiplejia.**

Es la parálisis en sentido vertical del lado del cuerpo producido por una lesión cerebral del lado contrario. Algunos tipos de hemiplejia son: hemiplejia cerebral, hemiplejia espástica, hemiplejia facial y hemiplejia infantil.

**Isquión.**

Una de las tres partes del hueso coxal, que se une al ilión y al pubis para formar el acetábulo.

**Kevlar.**

Kevlar es una marca registrada por DuPont de fibras aramidias. Es usado en trajes a prueba de balas, ropas de alta resistencia y artículos que requieren gran resistencia a la tensión. Su resistencia es de 70,000 lb/sq in.(psi), parecida a la del acero templado, pero el Kevlar es mucho más ligero.

**Mazarota.**

Masa que se deja sobrante en la parte superior de los moldes al fundir en éstos una pieza.

**Necrosis.**

Muerte tisular local que se produce en grupos de células como respuesta a enfermedades o lesiones.

**Ortopedia.**

Rama de la medicina que estudia la prevención y corrección de las alteraciones del sistema locomotor, es decir, el esqueleto, los músculos, las articulaciones y los tejidos adyacentes.

**Parálisis cerebral.**

Trastorno de la función motora provocado por un defecto o lesión cerebral permanente, no progresivo, presentado en el nacimiento o poco después de éste. El déficit neurológico puede producir hemiplejia, paraplejia, diplejia, o tetraplejia, atetosis o ataxia, convulsiones, parastestas, distintos grados de retraso mental y alteraciones del lenguaje, visuales y auditivas.

**Paraplejia.**

Es el resultado de una lesión medular que produce fundamentalmente parálisis de la cintura para abajo, de toda la mitad inferior de el cuerpo incluidas las piernas. La parálisis es el síntoma básico que le da nombre, pero lleva asociados otros síntomas tales como pérdidas de la sensibilidad, y alteraciones del control de esfínteres.

**Patológico.**

Relativo a un trastorno que está causado por o en el que interviene una enfermedad.

**Prensión.**

Acción y efecto de sujetar o asir una cosa.

## **Presión capilar.**

Presión sanguínea de un capilar. (32 mm de Hg.)

## **Termoplástico.**

Los termoplásticos son materiales orgánicos que se derriten cuando se calientan. Se pueden procesar por medio de calor y toman su forma rígida una vez fríos.

Los termoplásticos tienen diversas propiedades, y dependiendo de sus características pueden ser tan suaves como el hule, o tan duros como el aluminio. Los termoplásticos son muy ligeros, con densidades que van de 9 a 2 gm/cc. Algunos termoplásticos pueden soportar temperaturas de 600 F, mientras que otros sólo soportan temperaturas de 100F. Los termoplásticos no se oxidan y sirven como aislantes térmicos y eléctricos.

Los principales métodos de transformación de los termoplásticos son el moldeo por inyección, la extrusión y el termoformado. También pueden ser maquinados para obtener otras formas.

Las ventajas de los termoplásticos son: ahorro de energía, tanto en el proceso de producción, como en su procesamiento; se puede producir en grandes volúmenes a bajo costo; puede sustituir al metal; la mayoría de los termoplásticos responden mejor a la fatiga que los metales, además de tener más elasticidad sin deformarse.

## **Tetraplejía.**

Trastorno caracterizado por la parálisis de los brazos, de las piernas y del tronco por debajo del nivel de la lesión asociada de la médula espinal. Puede estar ocasionado por una lesión de la médula espinal, especialmente en la zona comprendida entre la quinta y la séptima vértebras cervicales. Las causas más comunes son los accidentes de automóvil y deportivos. También denominada cuadruplejía.

## **Tuberosidad isquial.**

Protuberancia redondeada de la parte inferior del isquión. Forma la región ósea sobre la que descansa el cuerpo humano cuando está en posición sentada.

## **Úlcera de decúbito.**

Inflamación, escara o úlcera de la piel sobre una prominencia ósea. Se produce debido a la presión prolongada sobre la parte incriminada.



# Bibliografía

Abdel-Moty, Abdel, T.M. Khalil. 1989. *Computer-aided design and analysis of the siting workplace for the disabled*. Advances in Industrial Ergonomics and Safety. London. 863-870.

Alba, J. P. A. Ballester. 1985. *Los minusválidos físicos...A LO CLARO*. Primera Ed. Editorial Popular. Madrid España.

C.A.J.M. van Oers, L.H.V. van der Woude, M.E. Roebroek, R.H. Rozendal. 1991. A failure diary for hand-propelled wheelchairs, Nature, causes, repairs and inconvenience of wheelchair failures. *Journal of Rehabilitation Science* Num. 4.

*Diccionario Mosby de medicina y ciencias de la salud*. 1995. Editado por Mosby/Doyma Libros, Madrid.

*Enciclopedia Universal Diana*. 1974. Editado por Ediciones Nauta, S.A. Loreto 16 Barcelona-15.

Folleto informativo CAMINA, *Proyecto para curar la parálisis* num. 1, Centro de Investigación CAMINA, Junio de 1992.

Frank T.G. and E.W. Abel. 1988. *Comparative tests of the mobility Characteristics of Three Activity Wheelchairs and a Standard Ministry Wheelchair*, Internal Report 88/4, School of Biomedical, University of Dundee, Scotland.

Fundamentos para el diseño con plásticos. *Manual de Diseño TDM-1*. 1995. Hoechst-Celanese, División Plásticos de Ingeniería. José A. de Teresa # 108, 01440. México D.F.

G. Menges. Mohren G. 1975. *Moldes para inyección de plásticos*. Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona.

*Gran diccionario Enciclopédico Ilustrado de Selecciones del Reader's Digest*. Editado por Reader's Digest México S.A. de C.V. 1978.

Henry Dreyfuss. 1990. *Great Product Design*. Edit. The Library of Applied Design.

Hotchkiss, R. D. 1993. Ground Swell on Wheels, Appropriate Technology Could Bring Cheap, Sturdy Wheelchairs to Twenty Million Disabled People. *The Science*. Num. 19 July/August 1993.

115

Bibliografía



J.A. Brydson. 1989. *Plastics Materials*. Fifth edition, Editado por Butterworths.

Kroemer, K. Henrike K. Katrin K. 1994. *Ergonomics, How to Design for Ease and Efficiency*. Edit. Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering.

Mayall, J. K., 1990. *Positioning in a wheelchair, A Guide for Professional Caregivers of the Disabled Adult*. Primera Ed. Editorial Slack Incorporated.

McLaurin, C.A. C.E. Brubaker. 1991. *Biomechanics and the wheelchair*. Rehabilitation Engineering Centre, University of Virginia. USA. *Prosthetics and Orthotics International*. 1991, Num. 15. p. 24-37.

Mink W. 1981. *Inyección de plásticos*. Edit. Gustavo Gili, tercera edición.

*Nylon Cordura*, folleto informativo y de especificaciones, editado por DUPONT-HUBER TEXTILES INC., Textiles fiber department, Industrial fibers division. 1995.

Panero J. M. Zelnik, 1987. *Las Dimensiones humanas en los espacios interiores*. Edit. Gustavo Gili.

Sanders, M. S., McCormick, E. J. 1992. *Human factors in engineering and design*. Séptima edición, Editorial McGraw-Hill International, Psychology Series.

Savgorodny V.K. 1973. *Transformación de Plásticos*. Edit. Gustavo Gili.

*Tablas técnicas de especificaciones de inyectoras Negri Bossi S.p.A.* 1996. Viale Europa 64 20093 Cologno Monzele Milan Italia.

Veeger, H.E.J., E.M.C. Lute, K. Roeleveld L.H.V. van der Woude, *Differences in wheelchair propulsion technique between trained and untrained subjects*. Abstracto del XIII Congreso Internacional de Biomecánica, Perth, Australia 203-204.

Woude, L. H. V. van der, G. de Groot, A.P. Hollander, G.J. Van Ingen Schenau, R.H. Rozendal. 1986. *Wheelchair ergonomics and physiological testing of prototypes*, *Ergonomics*, 29.



**Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones, cuyo apoyo fue imprescindible para la realización de esta tesis.**

A mi director de tesis.

Ing. Säuberli Shärer Ulrich.

A mis sinodales.

D.I. Fernando Fernández Barba,

D.I. Eduardo Reyes Arroyo,

D.I. Roberto González Torres,

D.I. Cristina Guzmán Siller.

A mis padres y hermanas.

A mis amigos Marisol, Carlos, Alejandro y Rogelio.

A la Biol. Martha Caballero y al Dr. José Warman por su apoyo para la impresión del documento.

A Abraham Figueroa y Luis Mangino por apurarse tanto en la realización de la animación por computadora.

A Miguel Cataño de EDITEC, por ayudarme en la edición del video.

A la Dra. Ruth Mayagoitia y al Ing. Biomecánico Ernesto Sánchez de Tagle de la Universidad Iberoamericana.

Al Ing. Jorge Verduzco de Everest & Jennings Mexicana.

Al M. en Ing. Miguel Ángel Cruz, de CELANESE Mexicana.

A la Ing. Rosalba Leal de DUPONT Mexicana.

Al Dr. Gabriel Guizar del Proyecto Camina.

Al Ing. Fernando Villicaña de la distribuidora de equipo para inyección de Plásticos LUVE.

Al Ing. Santiago González de Industrias SAGO de moldes para inyección.

A la Lic. Rocío Arrollo de la Cámara Nacional de la Industria Textil.

A todos en TECNOARTE.

Al Instituto Nacional de Rehabilitación A.C.

Al Instituto Nacional de Ortopedia.

Al Instituto Mexicano del Seguro Social.

Al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y

Al Banco Mexicano de Comercio Exterior.

