



PROYECTO FDI C699-TC02



## APLICACIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTES EN LA PYME CHILENA

DESARROLLO Y MANUFACTURA  
DE AYUDAS TÉCNICAS



PROYECTO FDI C699-TC02



APLICACIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTE  
EN LA PYME CHILENA

DESARROLLO Y MANUFACTURA  
DE AYUDAS TÉCNICAS

# MAPA GENERAL DE CONTENIDOS

Contents

00



**PRESENTACIÓN Y CONTEXTO**  
Introduction and Contents

**Indice Pág.07**

Index page 07

01

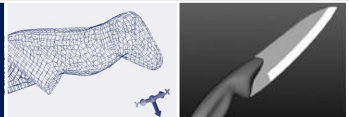


**CASO DE ESTUDIO · SILLAS DE RUEDAS**  
Wheelchairs

**Indice Pág.33**

Index page 33

02



**CASO DE ESTUDIO  
HERRAMIENTAS ERGONÓMICAS**  
Ergonomic Tools

**Indice Pág.67**

Index page 67

03



**CASO DE ESTUDIO  
PRÓTESIS Y ÓRTESIS**  
Protheses and Ortheses

**Indice Pág.87**

Index page 87

04



**RESULTADOS  
DIFUSIÓN Y  
TRANSFERENCIA**  
Results, Diffusion  
and Information  
Transference

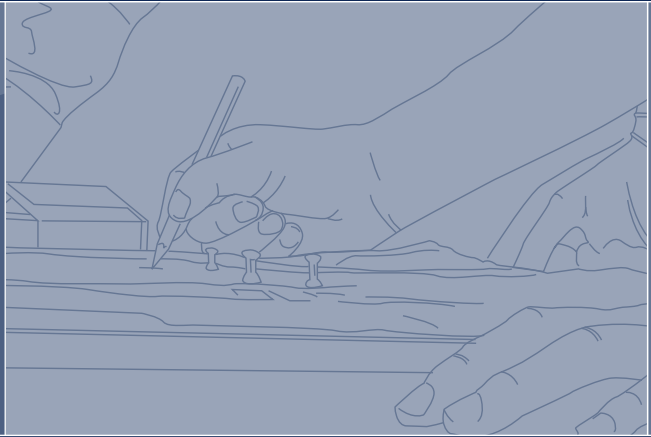
**Pág.103**

page 103

# PRESENTACIÓN Y CONTEXTO

Introduction and context

00

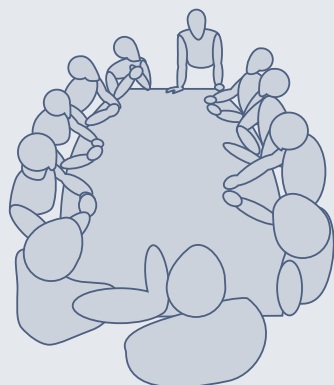




## INDICE

<b>I-PROYECTO FDI C699-TC02</b>	<b>P. 08</b>
01/ Ejecución y participantes	P. 08
01.1/ Organigrama	
01.2/ Ejecutores	
01.3/ Participantes	
01.4/ Núcleo de trabajo	
02/ Antecedentes	P. 12
02.1/ FDI, Fondo de Desarrollo e Innovación CORFO	
02.2/ Problemática en PYMES	
02.3/ Diseño concurrente	
02.4/ Discapacidad y ayudas técnicas	
03/ Objetivos	P. 17
03.1/ Objetivo general	
03.2/ Objetivos específicos	
<b>II-DESARROLLO DE PRODUCTOS</b>	<b>P.18</b>
01/ Guía para el diseño y desarrollo de productos utilizando Diseño concurrente	P. 18
01.1/ Análisis del estado del arte	
01.2/ Análisis de mercado	
01.3/ Desarrollo de un brief de producto	
01.4/ Desarrollo del árbol lógico	
01.5/ Desarrollo de la función de calidad, QFD	
01.6/ Desarrollo conceptual	
01.7/ Desarrollo formal	
01.7/ Desarrollo técnico-productivo	
01.9/ Ensayo y verificación	
01.10/ Desarrollo fabril	
01.11/ Desarrollo comunicativo y comercial	
02/ Implementación tecnológica	P. 26
02.1 Herramientas tecnológicas de punta	
03/ Casos de estudio	P. 27
03.1/ Primer caso: Sillas de ruedas	
03.2/ Segundo caso: Herramientas ergonómicas	
03.3/ Tercer caso: Prótesis y órtesis	
<b>III-ABSTRACT</b>	<b>P. 30</b>
01/ Context	P. 30
02/ Development	P. 31

# I.PROYECTO FDI C699-TC02



## PROYECTO FDI DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO

Realizado en forma conjunta entre DuocUC e INTEC.

El proyecto FDI busca apoyar y potenciar al sector de la pequeña y mediana empresa a través de la aplicación del Diseño Concurrente como herramienta de competitividad y aumento del valor agregado en la gestión de productos. Para esta experiencia se ha escogido el área de manufactura de ayudas técnicas (sillas de ruedas, herramientas ergonómicas, y componentes para prótesis y órtesis), correspondiente a un mercado que, fuera de tener un gran impacto social, productivo y empresarial, cuenta con grandes potencialidades tanto a nivel nacional como internacional.

Junto a lo anterior, se han desarrollado procedimientos para una correcta y eficiente transferencia tecnológica hacia distintos sectores, como las PYMEs y las agrupaciones gremiales y empresariales. Estos procedimientos se han realizado a través de actividades e iniciativas de difusión, formación, transferencia tecnológica precompetitiva y productiva, junto con cursos de perfeccionamiento y capacitación a profesionales y técnicos del sector empresarial identificado.

### 01/ EJECUCIÓN Y PARTICIPANTES

A la luz de los antecedentes, INTEC y DuocUC, se han aliado para llevar a cabo el proyecto propuesto. Su objetivo principal es generar condiciones de aplicabilidad del diseño concurrente y colaborativo en la PYME a través del caso de desarrollo y manufactura de ayudas técnicas. Para realizar este objetivo, se ha congregado a un grupo de instituciones de investigación y desarrollo de tecnología y a algunas organizaciones de usuarios, que están orientados al mejoramiento de la calidad y el diseño de los productos manufacturados, los cuales durante catorce meses (enero 2000– marzo

2001) desarrollaron las actividades y casos de estudio planteados inicialmente. Este proyecto ha aplicado el esquema de trabajo colaborativo y diseño concurrente a un nicho específico del mercado, en el cual las PYMEs chilenas ya poseen presencia y ventajas comparativas, como ocurre con la manufactura de ayudas técnicas para personas discapacitadas, logrando, a corto plazo, productos de calidad, exportables y de mayor valor agregado.

#### 01.1/ Organigrama

<b>Ejecutores</b>	<b>INTEC</b>					<b>Duoc UC</b>
<b>PYMEs</b>	<b>KABAL</b>	<b>PROTEMA</b>			<b>SHYF CERRILLOS</b>	
<b>Instituciones</b>	<b>ACHS</b>	<b>TELETÓN / SOCIEDAD PRO AYUDA AL NIÑO LISIADO</b>			<b>PROCHILE</b>	<b>FONADIS</b>
<b>Asociaciones gremiales</b>	<b>ASIMAD</b>	<b>ASIVA</b>	<b>ASEXMA</b>	<b>SOFOFA</b>	<b>AMPICH</b>	<b>ASIPLA</b>
<b>Otras contrapartes</b>	<b>MICROGEO</b>	<b>CEPAT</b>	<b>TELEDUC</b>	<b>PROTEX</b>	<b>DESIGN INNOVATION</b>	

## 01.2/ Ejecutores

### Instituto Profesional DuocUC

El Instituto Profesional DuocUC reconoce como su misión la formación de profesionales y técnicos con una alta calificación como especialistas y una sólida base ética, capaces de desempeñarse con éxito en el mundo laboral y de contribuir efectivamente con el desarrollo del país. Tratándose de una institución fundada por la Pontificia Universidad Católica de Chile, DuocUC participa de su vocación de servicio a la educación del país.



www.duoc.cl - info@duoc.cl  
Av. Antonio Varas 666 - Providencia - Santiago - Chile  
Fono: (56-2) 354 0400



### INTEC Corporación Tecnológica De Chile

INTEC tiene como misión aumentar la competitividad de los sectores productivos chilenos, promoviendo la masificación del cambio tecnológico mediante la transferencia de desarrollos de alto impacto.

Fue creado como organismo multidisciplinario de investigación y su misión se vincula con la transferencia de tecnologías destinadas al mejor aprovechamiento de los recursos naturales y de la capacidad productiva de nuestro país. Esta acción conlleva un rol más

amplio que incluye detectar oportunidades de negocios, seleccionarlas, transferirlas y difundirlas. En este contexto, la investigación pura es reemplazada por un fuerte liderazgo en el campo de la transferencia tecnológica a nivel nacional.



www.intec.cl - intec@intec.cl  
Av. del Cóndor 844 - Huechuraba - Santiago - Chile  
Fono: (56-2) 242 8100

### Centro de Diseño y Desarrollo Integrado DuocUC (CDDI)

Este Centro está concebido como una unidad o grupo de trabajo multidisciplinario en diseño e ingeniería de productos, cuyo propósito es ofrecer apoyo integral al sector empresarial, en la modalidad de asistencia técnica orientada hacia la innovación y transferencia tecnológica precompetitiva y productiva.

Además, el CDDI colabora activamente en la educación de profesionales y especialistas de DuocUC, por medio de una estrecha interacción con las empresas de servicios y productivas en las mismas áreas en las cuales se entrega formación.



www.cddi.cl - cddi@duoc.cl  
Av. Antonio Varas 666 - Providencia - Santiago - Chile  
Fono: (56-2) 354 0480 - 354 0441



## 01.3/ Participantes

### PYMES

#### KABAL

www.kabal.cl  
kabal@kabal.cl  
Avenida Bustamante 398, Providencia,  
Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 665 0757  
Fax: (56-2) 665 0793

#### PROTEMA

www.tic.protema.ltda.cl/protema.html  
tic@protema.ltda.cl  
Aeropuerto 9830, Los Cerrillos,  
Santiago, Chile.  
Fonos/Fax: (56-2) 538 0870 - 557 7733

#### SHYF CERRILLOS

Salomón Sack 255, Cerrillos,  
Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 5572054  
Fax: (56-2) 5574565

### Instituciones

#### ACHS

www.achs.cl  
achs@achs.cl  
Av. Vicuña Mackenna 152,  
Providencia, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 685 2000  
Fax: (56-2) 222 3533

#### TELETÓN

Instituto de Rehabilitación Santiago:  
www.teleton.cl  
santiago@teleton.cl  
Rosas 1531, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 696 0498  
Fax: (56-2) 668 5606

#### SOCIEDAD PRO AYUDA AL NIÑO LISIADO

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 4620,  
Estación Central, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 677 2000  
Fax: (56-2) 677 2006

#### FONADIS

(Fondo Nacional de la Discapacidad)  
www.fonadis.cl - informaciones@fonadis.cl  
Huérfanos 1313, piso 6, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 672 9030  
Fax: (56-2) 672 9023

#### PRO CHILE

www.prochile.cl  
Alameda 1315, piso 2, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 696 0043  
Fax: (56-2) 696 0639

### Asociaciones gremiales

#### ASIPLA

(Asociación Gremial de Industriales  
del Plástico de Chile)  
www.asipla.cl - asipla@asipla.cl  
Av. Andrés Bello 2777, Oficina 507,  
Providencia, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 203 3342 / 203 3357  
Fax: (56-2) 203 3343.

#### AMPICH

(Asociación Gremial de la Mediana y  
Pequeña Industria de Chile)  
ampich@123.cl  
República 371, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 689 42 60

#### ASIMET

(Asociación de Industrias Metalúrgicas y  
Metalmeccánicas A.G.)  
www.asimet.cl - asimet@asimet.cl  
Av. Andrés Bello 2777 piso 4 - Las Condes.  
Santiago, Chile.  
Fono: (56 2) 374 2626  
Fax: (56-2) 203 3025

#### ASEXMA

(Asociación de Exportadores de  
Manufacturas, A.G.)  
www.asehma.cl - asehma@asexmachile.cl  
Nueva Tajamar 481 - Torre Sur Piso 3,  
Las Condes, Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 203 6699  
Fax: (56-2) 203 6730

#### ASIVA

(Asociación de Industriales de Valparaíso)  
www.asiva.cl/  
infoasiva@asiva.cl  
1 Poniente 365, Viña del Mar, Chile.  
Fono: (56-32) 974 410 - 974 068  
Fax: (56-32) 971 526

#### SOF OFA

(Sociedad de Fomento Fabril)  
www.sofofa.cl/  
sofofa@sofofa.cl  
Av. Andrés Bello 2777, piso 3. Las Condes.  
Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 391 3100  
Fax: (56-2) 699 0713

#### ASIMAD

(Asociación de Industriales  
de la Madera)  
www.masisa.com.pe/asimad - asimad@asimad.tic.cl  
Antonio Bellet 77, oficina 902, Providencia,  
Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 235 6135  
Fax: (56-2) 235 6135

### Otras contrapartes

#### PROTEX

protex@terra.cl  
Alfredo Rioseco 263, Providencia,  
Santiago, Chile.  
Fono: (56-2) 2229255 / (56-2) 6359932  
Fax: (56-2) 634 7297

#### DESIGN INNOVATION

Design Innovation - DI, Milan, Italia  
www.designinnovation.com  
design@designinnovation.net  
Via Thaon di Revel, 21, 20159 Milano, Italia.  
Fono: (39-02) 69015719  
Fax: (39-02) 607 81483

#### CEAPAT

(Centro Estatal de Autonomía Personal  
y Ayudas Técnicas, IMSERSO, Madrid, España.)  
www.ceapat.org  
ceapat@mtas.es  
Los Extremeños 1, 28038, Madrid, España.  
Fono: 34 - 91 - 380 7320

#### MICROGEO

www.microgeo.cl  
Mar del plata 2147, Providencia  
Santiago, Chile.  
Teléfonos: (56-2) 372 8900  
Fax: (56-2) 372 8904

#### TELEDUC

teleduc@puc.cl  
Av. Jaime Guzmán Errázuriz 3300, Providencia  
Santiago, Chile.  
Teléfono: (56-2) 686 5040  
Fax: (56-2) 686 5271



### Director Proyecto

Carlos Hinrichsen, Escuela de Diseño, Instituto Profesional DuocUC, de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

### Director Alterno

Jorge Campos, INTEC (Corporación de Investigación Tecnológica).



### Equipo principal

Cristina Rivera, Diseñadora CDDI - DuocUC.

Rodrigo Alvarez, Diseñador CDDI - DuocUC.

Ricardo Michela, Ingeniero Civil de Industrias, Mención Mecánica, CDDI - DuocUC.

Michael Steinmeyer, Ingeniero Civil de Industrias, Mención Mecánica, CDDI - DuocUC.



### Equipo de apoyo

Henri Baldan, KABAL.

Olvido Rodríguez, TELETÓN.

Germán Espinoza, Director Diseño Industrial DuocUC, Sede Viña del Mar.

Cristián Jaramillo, Director Diseño Industrial DuocUC, Sede Concepción.

Eduardo Olivares, Director Ingeniería Mecánica Automotriz DuocUC, Sede Antonio Varas.

Eduardo Cid, PROTEMA.

Max Joost, SHYF CERRILLOS.

Víctor Córdova, ACHS (Asociación Chilena de Seguridad).

Guido Espinoza, PROTEX.

## 014/ Núcleo de trabajo •

El objetivo de la participación de tan amplia variedad de empresas, instituciones, asociaciones gremiales, etc., es formar un equipo compuesto por expertos en los diversos campos de acción que abarca el desarrollo del proyecto FDI C699-TC02. Gracias a esto, se ha contado con una “masa crítica” de profesionales (médicos, ingenieros, diseñadores, terapeutas, ergónomos, productores, expertos en mercado, etc.), que han podido complementar sus conocimientos y, a la vez, entregar su “know how” a los estudiantes de la Escuela de Diseño del Instituto Profesional DuocUC, participantes del proyecto.

Los estudiantes de DuocUC en diversas carreras (Diseño Gráfico, Diseño Industrial, Técnico en Administración de Empresas, etc.) se han visto directamente beneficiados con el desarrollo de este proyecto, al ser incorporados como colaboradores del equipo de trabajo y responsables de algunas áreas específicas. Es por esto que, en el plano académico de DuocUC, este proyecto ha causado gran impacto, ya que ha permitido preparar profesionales de primer nivel, vinculados permanentemente con el medio externo y ha entregado soluciones creativas a las necesidades de la industria y la sociedad en estas materias.

## 02/ ANTECEDENTES

### 02.1/ FDI - Fondo de Desarrollo e Innovación CORFO



El FDI<sup>1</sup> es un fondo de recursos, los cuales se asignan tras la realización de concursos de proyectos y de licitaciones convocadas para la ejecución de temas específicos. Su fin último es llevar a cabo proyectos de innovación y cambio tecnológico en áreas de impacto estratégico en el desarrollo económico y social de Chile. Estos temas se circunscriben a los siguientes ámbitos de acción: desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías; difusión y transferencia de tecnologías a empresas e instituciones chilenas; desarrollo de capacidades tecnológicas necesarias para la generación y gestión de cambios tecnológicos, y perfeccionamiento de mercados que tengan relación con el desarrollo del sistema innovativo nacional.

Los concursos nacionales de proyectos están abiertos a los siguientes tipos de instituciones:

- Institutos o centros tecnológicos chilenos, públicos o privados, sin fines de lucro, cuya actividad principal sea la investigación, el desarrollo tecnológico, la transferencia tecnológica o la prestación de servicios en estos ámbitos.
- Consorcios tecnológico-empresariales compuestos por un mínimo de tres empresas, no vinculadas patrimonialmente con anterioridad a la postulación, asociadas a uno o más centros tecnológicos.

### 02.2/ Problemática en PYMEs

#### A/ Competitividad

Dentro de las empresas de manufactura, las PYMEs corresponden al sector más afectado en el proceso de integración de Chile a la economía mundial, debido, principalmente, a la falta de competitividad que ellas presentan. Un ejemplo claro de este hecho es la gran cantidad de PYMEs chilenas que se ven obligadas a salir del mercado internacional cada año (aproximadamente dos mil durante 1998).

Una de las principales causas para esta falta de competencia es, sin duda, el desconocimiento, por parte de los empresarios, de ciertos datos relevantes a la hora de invertir. Las empresas compiten por precios y, por consiguiente, cuando realizan esfuerzos innovadores, éstos están orientados a la reducción en el uso y costo de materiales y a la optimización de procesos de producción. Los antecedentes recopilados de la experiencia internacional señalan que el costo de los materiales y de los procesos corresponde a un 95% del costo de producción de un producto manufacturado; sin embargo, incide solamente en un 30% del precio final. Mientras tanto, el costo del diseño del producto corresponde a un 5% del de producción, pero incide en el 70% restante del precio final.

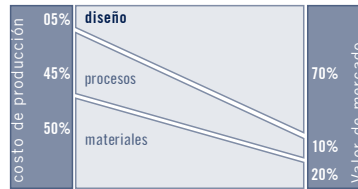
En consecuencia, cualquier esfuerzo focalizado hacia el mejoramiento del diseño tiene un bajo costo relativo y una muy alta incidencia sobre el valor agregado o margen y, por consiguiente, en la competitividad del producto final.

En síntesis, las PYMEs pueden beneficiarse enormemente de los procesos de innovación, mejorando su competitividad y el valor agregado de sus productos. Una de las áreas que se vislumbran como de interés desde el punto de vista de la innovación, por su gran incidencia en el precio final de los productos, es la de diseño industrial.

<sup>1</sup>Más información en [www.corfo.cl/instrumentos/index.html](http://www.corfo.cl/instrumentos/index.html) - CORFO (Corporación de Fomento de la Producción)  
Ximena González, Ingeniero de Proyecto - Fono: (56-2) 6318200 / 638 05 21

## Insidencia del diseño en el desarrollo de productos

Porcentaje de participación en la definición inicial del costo de producción



Porcentaje de participación en la composición del valor de mercado

2

### B/ Valor agregado

En Chile, las exportaciones tradicionales - cobre, oro, hierro, madera, celulosa y harina de pescado, entre otras - representan el 70% de las ventas al extranjero. Sin embargo, es importante destacar que en los últimos años, el esfuerzo exportador de las empresas en Chile ha constituido uno de los pilares fundamental en el desarrollo del país. Esta orientación de la economía ha contribuido de manera gravitante en la generación de empleo, en la obtención de divisas y en el aumento notable del PIB.

Pero, a pesar de que el proceso exportador chileno ha sido exitoso, éste registra una concentración muy alta en materias primas y productos intermedios, cuyo precio es un factor muy variable.

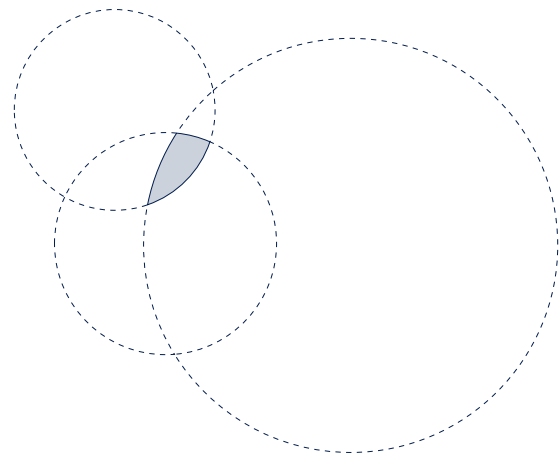
Una de las soluciones a este problema consiste en identificar

nichos de mercado que permitan el desarrollo de ventajas competitivas, consolidando así la venta al extranjero de productos con mayor valor agregado. Para esto, es necesario aumentar la formación de personas, modificar el proceso de diseño y mejorar los sistemas de producción y articulación productiva, para que permitan la realización de productos más competitivos. Además, se hacen necesarias reducciones sustanciales, tanto en costos como en tiempo de desarrollo, que sean capaces de posicionar a la empresa en un mercado global más amplio, exigente y cambiante, donde haya mayores proyecciones en el mercado interno y menos sensibilidad a los vaivenes del mercado externo.

## 02.3/ Diseño concurrente •

Se puede definir el diseño concurrente como una metodología en la cual todas las fases de desarrollo de un producto están estrechamente relacionadas. En un modelo de diseño concurrente, las unidades de desarrollo trabajan en forma paralela, con el objetivo de reducir el tiempo ocupado en un modelo convencional, secuencial o escalonado. Esta meta requiere la incorporación de dos conceptos básicos: la integración y la sincronización, ambos fundamentales para la conectividad requerida por el equipo.

El principio básico que plantea el esquema metodológico implementado en el proyecto, es evitar los ciclos repetitivos en el proceso de diseño y desarrollo de productos. La meta es concentrar la mayor cantidad de cambios y modificaciones en las fases iniciales y ayudar para que el trabajo realizado no requiera postprocesos en ninguna de sus fases posteriores.

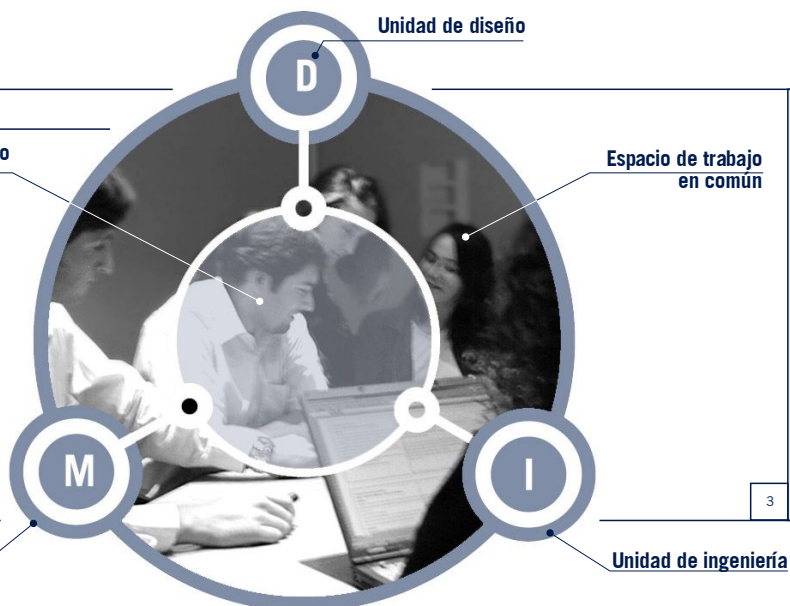


<sup>2</sup> Proyecto FONDEF D971 1038. "Diseño como un Sistema Integrado de Producción y Mercado: Factores Básicos para Incrementar la Competitividad". Proyecto de investigación desarrollado por la Escuela de Diseño del Instituto Profesional DuocUC en conjunto con la Compañía Tecno Industrial CTI, el Centro Ricerche del Instituto Europeo Di Design CRIED y Design Innovation DI, ambos de Milán, Italia, a través de CONICYT, para el desarrollo de un modelo metodológico tendiente a reducir el Tiempo de Desarrollo (Time to Market) para un producto comercial (secadora de ropa). Años 1997 - 1999.

## Modelo descriptivo del equipo de trabajo

Modelo base maestro

Este modelo requiere del trabajo coordinado y simultáneo de las diversas áreas o departamentos de la empresa: Marketing, Ingeniería del Producto, Ingeniería del Proceso, Calidad, Ventas, Mantenimiento, Costos, Diseño, etc.



## Beneficios producto de la “Concurrencia”<sup>4</sup>

- Reducción en los tiempos de desarrollo: de 30 a 70% menos.
- Reducción en la cantidad de cambios de la parte ingeniería: de 65 a 90% menos.
- Reducción del tiempo para comercializar (Time to Market) el producto: de 20 a 90% menos.
- Aumento en las ventas: de 5 a 50% más.
- Aumento en la velocidad de retorno de la inversión: de 20 a 120% más.
- Aumento de calidad en general: de 200 a 600 % más.

### Ejemplos:

- La empresa HONDA aumentó su productividad de 15:1
- El fabricante de línea blanca y electrodomésticos WHIRLPOOL redujo el tiempo para comercializar en 60%.
- La empresa CTI redujo los tiempos de desarrollo en más de un 58%.

## 024/ Discapacidad y Ayudas Técnicas

### Discapacidad

Restricción o ausencia de la capacidad para realizar una actividad en forma normal. (nivel personal). La OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que existen alrededor de 600 millones de personas con discapacidad mental y física en el mundo. Un ejemplo claro de esta alta cifra se da en los países en vías de desarrollo, en los que la población discapacitada fluctúa entre un 7 y un 10%. Junto con lo anterior, las estadísticas de la OMS muestran un crecimiento constante de estas cifras.

<sup>3</sup> Varios autores, “Velocidad en el desarrollo de producto, un aporte a la competitividad”, publicación final proyecto FONDEF D97-1038, 2000.

<sup>4</sup> CTI (Compañía Tecno Industrial) - [www.cti.cl/](http://www.cti.cl/) wadm@cti.cl

## Factores que incrementan el aumento de los Discapacitados<sup>5</sup>

### El aumento gradual en la edad promedio de vida.

En Chile, de acuerdo con datos y antecedentes del Instituto Nacional de Geriátría, dependiente del Ministerio de Salud, la esperanza de vida al nacer, dentro del período 1995-2000, fue de 75.21 años promedio para ambos sexos. A modo de referencia, en 1950 era de tan sólo 52.45 años.

En la actualidad, el 12% de la población corresponde a adultos mayores (A.M.) y se espera que en el año 2025 sea el 18%, es decir, alrededor de cuatro millones de chilenos.



### El aumento gradual de niños discapacitados

Debido a razones naturales, la discapacidad en niños aumentará mundialmente en un 47% en los próximos treinta años. En nuestro país, de acuerdo con la información suministrada por TELETON, el 1% de los 80.000 niños que anualmente nacen tiene algún problema de malformación.

### El aumento gradual de las enfermedades profesionales

Los accidentes industriales y de transporte generan distintos grados y tipos de discapacidad. Con relación a este punto, la OIT (Organización Internacional del Trabajo) señala que los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, de acuerdo con la experiencia internacional en la materia, producen importantes costos sociales para los países.

## Oportunidades de Mercado

Si proyectamos los porcentajes de discapacidad de la OMS al bloque MERCOSUR, se podría dimensionar el tamaño de un mercado potencial de aproximadamente 200 millones de consumidores. En condiciones favorables, el mercado específico en estos países podría corresponder a una cantidad entre 14 y 20 millones de potenciales clientes o usuarios de ayudas técnicas. En Chile, el problema de los discapacitados plantea desafíos y oportunidades. Es necesario que nuestro país se sitúe al nivel de los países desarrollados, mejorando el bienestar y la calidad de vida de este importante grupo. Una de las formas de superar este desafío, es entregar soluciones y productos, tanto en el ámbito preventivo como en el correctivo. En este sentido, el proyecto presenta la gran oportunidad de revertir la actual situación de rezago existente en Chile en lo que se refiere a la formación y perfeccionamiento de profesionales y a la investigación, producción

y comercialización de ayudas técnicas destinadas a resolver estos problemas.

En la actualidad existe una brecha muy grande entre las soluciones y los productos que se encuentran en el mercado chileno y los productos comerciales líderes en el mundo. De acuerdo a FONADIS, la situación de Chile es análoga a la de otros países de la región. En caso de no existir en el país la capacidad para resolver este desafío, se podría recurrir a empresas extranjeras para la asesoría y solución correspondientes, o bien, dado el costo de la solución, las entidades o empresas vinculadas al área podrían decidir no invertir en la adquisición, cambio o desarrollo de capacidades tecnológicas. El primer caso sería un obvio desperdicio de divisas y de capacidad profesional y técnica disponible en el país, mientras que el segundo significaría retroceder y alejarse aún más del nivel tecnológico de los países desarrollados.

<sup>5</sup> Ministerio de salud - [www.minsal.cl](http://www.minsal.cl).  
OIT (Organización Internacional del Trabajo) - [www.ilo.org/public/spanish/ etm@oit Chile.cl](http://www.ilo.org/public/spanish/etm@oit Chile.cl)  
OMS (Organización Mundial de la Salud) - [www.who.int / info@who.int](http://www.who.int / info@who.int)

### Un amplio mercado: el caso de Europa<sup>6</sup>

- 100 millones de personas mayores.
- 50 millones de personas con discapacidad (15%).
- 2,8 millones de usuarios de sillas de ruedas.
- 1,1 millones de personas sordas y 80 millones de deficientes auditivos.
- 1,1 millones de personas ciegas y 11,5 millones de deficientes visuales.
- 5,5 millones de personas con dificultades de lenguaje.
- 30 millones con discapacidad cognitiva.
- 22,5 millones de personas con fuerza reducida.

### Ayudas Técnicas

La ley considera como ayuda técnica aquellos elementos necesarios para tratar la discapacidad. Su fin es impedir la progresión o derivación a otro tipo de discapacidad, logrando la recuperación o rehabilitación de la persona. También se consideran ayudas técnicas aquellos instrumentos que permiten compensar una o más limitaciones funcionales, motrices, sensoriales o cognitivas de la persona con discapacidad, a fin de permitirle salvar las barreras de comunicación y movilidad, favoreciendo su autonomía e impulsando su plena integración social<sup>7</sup>.

El desarrollo y manufactura de ayudas técnicas ha sido escogido como tema piloto para el desarrollo del proyecto, por ser considerada un área de mercado con mucha proyección. El problema de la discapacidad está creciendo cada vez más en el mundo y ésto nos ofrece la posibilidad de explotar un nicho de mercado aún no investigado que permita disminuir la brecha existente entre las soluciones y productos masivos que se encuentran en el mercado nacional y/o regional, y los productos comerciales

líderes en estado del arte que se comercializan en los países desarrollados.

El desarrollo, diseño y manufactura de ayudas técnicas para discapacitados, así como las de prevención de discapacidades, otorgan una buena oportunidad para el desarrollo e innovación tecnológicos, tanto a nivel empresarial como de país. Al mismo tiempo permiten alcanzar un importante impacto social, al ofrecer más y mejores soluciones para elevar la calidad de vida y crear fuentes de trabajo para una gran cantidad de personas, particularmente en nuestro país, donde este problema ha sido abordado de manera muy incompleta.

El uso masivo de ayudas técnicas puede producir un importante ahorro en prestaciones a personas con diversas discapacidades, así como también un aumento en la productividad, ya que permite disminuir la cantidad de días perdidos por problemas de enfermedades laborales.

### Diseño para todos

“El diseño para todos (o diseño universal) consiste en el diseño de diversos productos y entornos de manera que puedan ser utilizados por el mayor número posible de personas, sin necesidad de adaptación o de diseño especializado”.

“El objetivo del concepto de diseño universal es simplificar la vida de todos, haciendo que los productos, las comunicaciones y el entorno sean más útiles para un mayor número de personas, con un costo adicional bajo o nulo. El concepto de diseño universal se dirige a personas de todas las edades, tallas y capacidades”<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> GARCÍA, José Vidal. Investigador de Mercados de CEAPAT, Madrid, España. “Diseño y Desarrollo de tecnologías de rehabilitación”. En el Instituto Profesional DuocUC, Noviembre 2001, Santiago, Chile. (En el marco del proyecto FDI).

<sup>7</sup> FONADIS (Fondo Nacional de la Discapacidad) / [www.fonadis.cl](http://www.fonadis.cl)  
[informaciones@fonadis.cl](mailto:informaciones@fonadis.cl)

<sup>8</sup> “Un paso adelante, diseño para todos”. En revista del CEAPAT (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas), España.





### 03.1/ Objetivo General •

Generar condiciones de aplicabilidad del diseño concurrente y colaborativo en la PYME, a través del caso de desarrollo y manufactura de ayudas técnicas.

### 03.2/ Objetivos Específicos •

- Aplicar la metodología de Diseño Concurrente y trabajo colaborativo para el desarrollo de productos.
- Difundir entre la pequeña y mediana empresa chilena la utilización del diseño en el desarrollo de productos como herramienta de competitividad en las exportaciones.
- Potenciar y promover el mercado de las ayudas técnicas en la PYME chilena a través de productos innovadores precompetitivos en fase productiva experimental.
- Apoyar y fomentar la formación de futuros profesionales (diseñadores) preparados y sensibilizados en el área de la discapacidad y ayudas técnicas.



## II-DESARROLLO DE PRODUCTOS



Para el desarrollo de este proyecto se aplicó una metodología y una estructuración por fases o etapas referidas a los tres casos de estudio (sillas de ruedas, herramientas ergonómicas, prótesis y órtesis). Esto permitió abordar todas las etapas necesarias para el desarrollo de un nuevo producto y establecer un lenguaje común aplicable a futuro en otras áreas, y transferible a las PYMEs y asociados a través de la página web: [www.concurrente.cl](http://www.concurrente.cl).

### 01. GUÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS UTILIZANDO DISEÑO CONCURRENTE

El desarrollo de productos, bajo el esquema de trabajo y diseño concurrente, se centra en el trabajo conjunto y simultáneo de los diversos involucrados en el proceso. Es decir, debe formarse un equipo compuesto por miembros de cada uno de estos grupos: diseño, marketing, ingeniería, producción, ventas, etc.

Esta metodología apunta a evitar los ciclos repetitivos en el proceso de diseño y desarrollo y sirve para que el trabajo realizado, desde las fases iniciales, no requiera de importantes postprocesos. El desarrollo se lleva a cabo cumpliendo varias etapas (se explican a continuación) que se complementan y se trabajan en ciertos casos en forma paralela y en otros, en forma lineal.

## 01.1/ Análisis del estado del arte

En esta etapa se analiza y evalúa la situación actual de los productos líderes existentes, tanto en el mercado nacional como internacional, con la finalidad de identificar los atributos, características, tendencias, deficiencias, soluciones, tecnologías, precios, estrategias de mercado, etc., y toda la información que permita tener una visión integral de la situación actual global en cuanto a un tipo de producto.

Es importante señalar que la presente fase comienza una vez declarada la expresión de deseo e identificado el producto de la competencia, aspectos o consideraciones que servirán de guía o referente para este análisis.

### Actividades:

- Análisis y evaluación de productos líderes en el mercado nacional e internacional aplicando la metodología de ingeniería reversa<sup>9</sup> que permita identificar sus atributos y características.
- Investigación e identificación de las distintas tipologías de productos.
- Identificación de fortalezas y debilidades para los productos (estéticas, mecánicas, económicas, funcionales, ergonómicas, etc.).

## 01.2/ Análisis de mercado

La finalidad de esta etapa consiste en identificar los nichos de mercado para cada tipo de producto, haciendo un análisis comparativo entre el tamaño del mercado al que apunta cada uno, el precio, la calidad de las soluciones existentes (si se pueden desarrollar productos análogos con mejor diseño o con disminución de costos) y el impacto social que este produciría.

La etapa de análisis de mercado puede ser desarrollada en forma paralela a la de análisis del estado del arte y, en caso de no existir una idea previa sobre la tipología de productos que se van a desarrollar, el análisis de mercado podrá llevarse a cabo como etapa para identificar las oportunidades.

### Actividades:

- Desarrollo de encuestas a usuarios, vendedores, productores, etc., para identificar comportamientos y preferencias.
- Análisis de estadísticas; observación de las tendencias, la publicidad, los precios, etc., y otros factores que pueden ayudar a descubrir los nichos del mercado.

<sup>9</sup> INGENIERÍA REVERSA: Es un conjunto de procedimientos y técnicas utilizadas para analizar la forma en que un producto está hecho con el objetivo de identificar su estructura lógica, características de sistemas, componentes, tipo de materiales, etc. Este proceso es utilizado por las empresas para crear productos similares y/o compatibles a los fabricados por la competencia.

## 01.3/ Desarrollo de un brief del producto

---

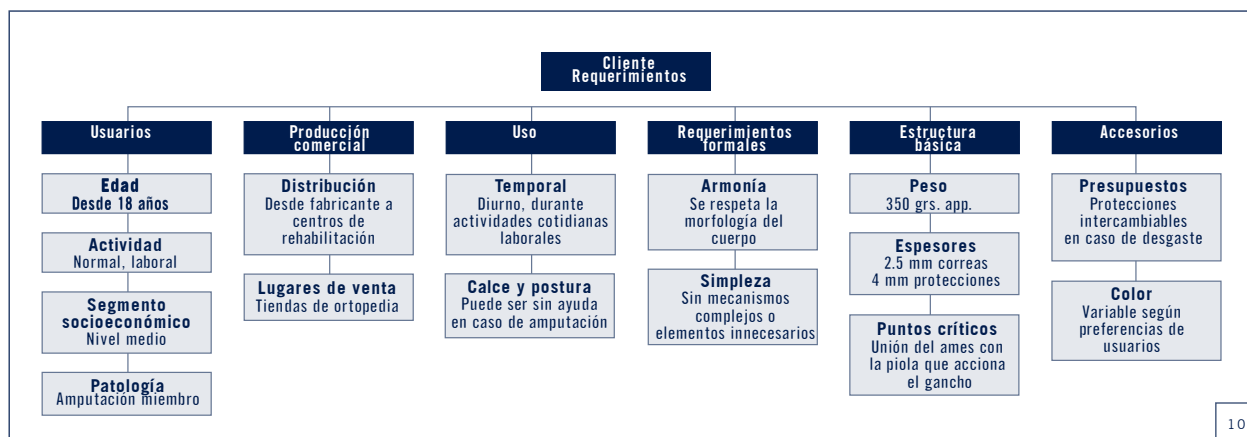
El brief de un producto es la síntesis extraída del material entregado por cada cliente (usuario, productor, terapeuta, diseñador, vendedor, fabricante, etc.) con respecto a sus pretensiones sobre el producto que se va a desarrollar, así como otros antecedentes complementarios que son generados o aportados por el equipo de trabajo. Para lograr una correcta y completa información, se sugiere la elaboración de encuestas divididas por temas, las que deberán ser respondidas por los clientes del proyecto. Una vez que el brief de producto está definido, éste debe ser aprobado por las personas que representan a los clientes, antes de comenzar el desarrollo de las propuestas formales.

### Actividades:

---

- Identificación de los principales “clientes” directos o indirectos del producto.
  - Identificación de las propiedades que los clientes esperan encontrar en el producto (estructurado por temas), a través de encuestas o formularios:
    - Propiedades estético-formales.
    - Propiedades funcionales.
    - Propiedades de uso.
    - Propiedades técnico-productivas.
    - Propiedades económico-comerciales.
    - Otras.
  - Realización de una síntesis del material obtenido en dichas encuestas en un documento formal que será aprobado por los clientes.
- En resumen, se considera como brief de producto el documento que contiene el marco de información referencial que le otorga las características o el perfil a la propuesta global, derivado del modelo idealizado en la expresión de deseo inicial.

## 01.4/ Desarrollo del árbol lógico



El sistema de estructuración llamado árbol lógico es una esquematización de todos los requerimientos entregados por los clientes en el brief del producto. A través de este sistema podemos identificar las zonas de trabajo y así visualizar de forma ordenada la información obtenida.

Puesto que cada cliente puede haber tenido requerimientos distintos y tal vez opuestos entre sí, para cada tema deberá haber una jerarquización de ellos. Por ejemplo, en el aspecto estético formal será de gran importancia la opinión del usuario final (es quien lo manejará) y de su entorno o compradores directos. En un segundo plano estará la opinión del comerciante, quien conoce de cerca lo que se vende y lo que gusta. En cambio, con relación al potencial técnico-productivo, el fabricante tendrá una mayor importancia y los clientes, una menor.

Después de esta jerarquización, habrá un solo listado de requerimientos finales como antecedente de las expectativas del producto. Este esquema también deberá ser aprobado por el cliente principal (encargante).

<sup>10</sup> EJEMPLO DE ÁRBOL LÓGICO: Los ítems bajo los cuales se clasifican los requerimientos no tienen que ser necesariamente los temas generales con los que se estructuró la encuesta. Es muy posible que aparezcan grupos clasificados específicos que se desprendan de las observaciones sobre el producto mismo (partes o componentes generales, otros temas o clasificaciones).

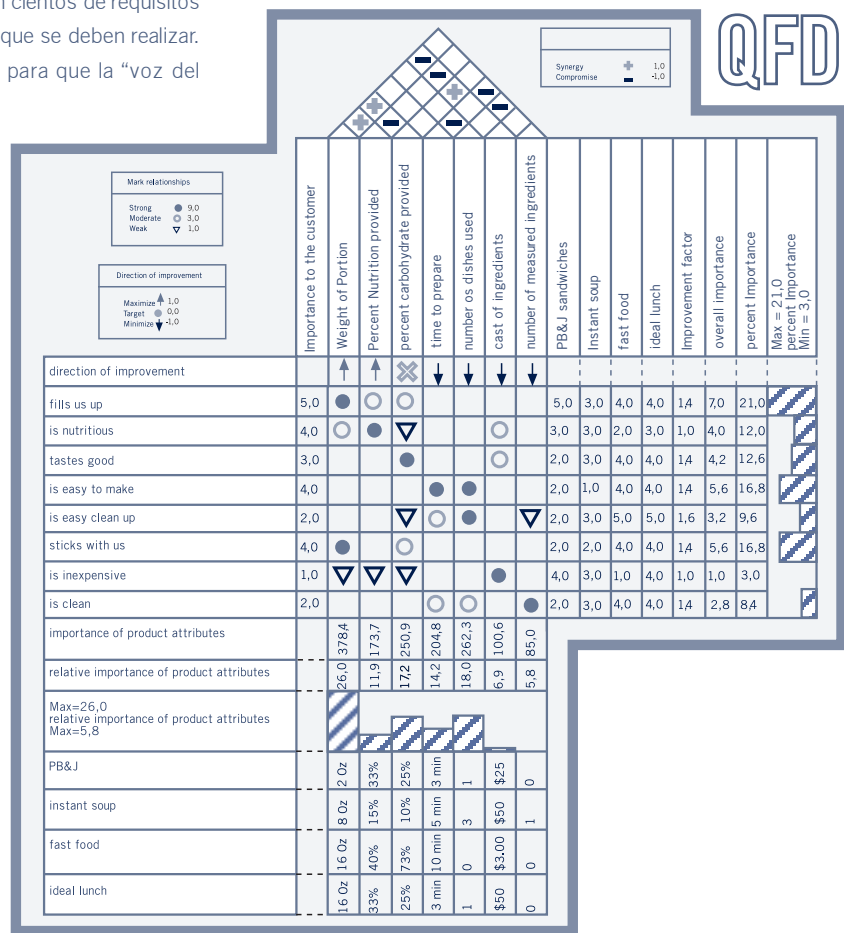
## 01.5/ Desarrollo de la Función de Calidad-QFD

El QFD (Quality Function Deployment<sup>11</sup>) es una metodología que, en forma matricial, nos permite recoger QUÉ piden los clientes, CÓMO vamos a responder a sus demandas y en CUÁNTO lo vamos a satisfacer. El QFD es una herramienta concreta para avanzar en forma paralela con la Ingeniería Concurrente y además cumple con un doble objetivo:

- Reducir los tiempos de desarrollo de productos.
- Asegurar la satisfacción de las necesidades de los clientes (calidad).

En el desarrollo de un producto se establecen cientos de requisitos técnicos como guía para las diversas tareas que se deben realizar. QFD proporciona un protocolo sistemático para que la “voz del

cliente” fluya a través del proceso de desarrollo, estableciendo un nexo de unión entre los diferentes requisitos técnicos y las necesidades de los clientes. Esta conectividad es necesaria para asegurar un proceso de desarrollo de productos enfocado hacia los aspectos que resulten más beneficiosos.



Matriz “Casa de la Calidad” de la metodología QFD.

<sup>11</sup> SORLI, Mikel - RUIZ, Javier. “QFD, una herramienta del futuro”. LABEIN (Centro de Investigación Tecnológica), España, 1994.

## 01.6/ Desarrollo conceptuales

---

Esta etapa considera el proceso de desarrollo de propuestas sobre la base del análisis de todas las etapas anteriores, así como el manejo de ideas y conceptos nuevos planteados por el equipo de trabajo (Brainstorming). En esta fase es posible incorporar a

los productos alternativas tecnológicas o atributos no contemplados en el brief inicial, los que deberán ser presentados al cliente del proyecto, quien decidirá su incorporación formulando un nuevo brief.

### Actividades

---

- Extracción de conclusiones relevantes del análisis comparativo de productos en el estado del arte sobre fortalezas y debilidades, y las nuevas propuestas tecnológicas imperantes (ingeniería reversa).
- Análisis e investigación de nuevas opciones tecnológicas y posterior decisión de incorporación al proyecto.
- Lluvia de ideas sobre generación de opciones y alternativas.
- Utilización de analogías y referentes.
- Definición del perfil básico del producto respecto al brief, el usuario y a la integración de la información recopilada en todos los ámbitos.
- Exploración y búsqueda de las primeras soluciones y alternativas.

## 01.7/ Desarrollo formal

---

Considera el desarrollo de propuestas y alternativas del producto tomando en cuenta aspectos estético-formales, apariencia u otros aspectos relevantes, bajo referentes de ergonomía, funcionalidad e imagen de marca, con criterios de factibilidad productiva y uso de materiales acordes con el brief de producto.

### Actividades

---

- Estudio de alternativas de materiales en relación al proyecto.
- Aplicación de estudios ergonómicos relacionados.
- Aplicación de estudios de tendencias relacionados.
- Desarrollo de propuestas formales (desarrollo digital, prototipos)
- Validación de las alternativas en pruebas de campo.
- Corrección de observaciones encontradas en las pruebas de campo.

## 01.8/ Desarrollo técnico-productivo

---

Iniciada paralelamente con el proceso de desarrollo conceptual, en esta fase el producto se desarrolla técnicamente y considera acciones en diseño e ingeniería detallada. Cabe destacar que el desarrollo de la documentación y planos se obtiene como resultado de la modelación de partes y piezas en sistemas de CAD avanzados de la etapa 01.5. El proceso de concurrencia permite a los integrantes del equipo simular, por ejemplo, el proceso de armado, previendo situaciones; identificar interferencias entre piezas o conjuntos; o inducir a un diseño que evite dificultades en el armado, así como en lo relativo al comportamiento de las mismas por medio de análisis tipo FEA, u otros.

### Actividades

---

- Elección y justificación final de materiales.
- Solución de mecanismos.
- Elección y justificación de procesos productivos.
- Diseño digital detallado.

## 01.9/ Ensayo y verificación

---

El objetivo de la fase de ensayo y verificación del diseño es comprobar que se hayan cumplido los requisitos funcionales y estructurales establecidos en las fases iniciales.

### Actividades

---

- Testeo de los prototipos digitales a través de Análisis de Elemento Finito (FEA), permitiendo descubrir las debilidades y fortalezas estructurales ante distintas solicitaciones.
- Construcción de prototipos físicos preindustriales para someterlos a diferentes pruebas en las que se evalúan aspectos como la estabilidad, maniobrabilidad, comodidad, etc., en condiciones de uso reales.
- Desarrollo de un informe con conclusiones y sugerencias derivadas de las pruebas de uso que, aplicadas a los prototipos pre-industriales, determinarán el diseño definitivo del producto.

## 01.10/ Desarrollo fabril

---

Esta fase consiste en manufacturar los productos cuyos diseños han sido corregidos luego de las observaciones hechas en el período de ensayo y fabricación. Es la etapa en que se integran, según la normativa utilizada y la cadena proveedor-cliente, las partes y componentes que finalizan con el ensamblaje del producto final.

### Actividades

---

- Planificación de la producción e integración de partes y componentes.
- Manufactura de las partes y componentes en la industria, incorporando en ella el control de calidad requerido y privilegiando aquellas empresas que entregan sus productos certificados.
- Ensamblaje y distribución del producto terminado.

## 01.11/ Desarrollo comunicativo y comercial

---

Ha llegado el momento de estudiar los argumentos de venta. Para esto es necesario analizar las cualidades, las ventajas comparativas, la imagen del producto (alternativas de color, etc.), su nombre y el carácter comunicacional de la publicidad. Todo esto debe ir relacionado directamente con la imagen corporativa de la empresa, el concepto, el usuario y el mercado.

### Actividades

---

- Desarrollo de alternativas de imagen (color, detalles, etc.).
- Nombre del producto.
- Carácter comunicacional de la publicidad.
- Formulación de argumentos principales de venta (características innovadoras, ventajas comparativas).



## 02/ IMPLEMENTACIÓN TECNOLÓGICA

Un punto clave en un esquema de trabajo, cuya metodología está basada en el diseño concurrente, es el modelo base maestro y la utilización de software que permitan una interacción fluida entre las diferentes unidades del equipo de trabajo y la información

generada por cada una de ellas. Para el desarrollo del Proyecto FDI C699-TCO2, se han implementado laboratorios con la más avanzada tecnología computacional<sup>12</sup> para la investigación y el desarrollo aplicado al diseño de productos.

### Hardware

Workstations Silicon Graphics 320<sup>13</sup>.  
Workstations Pentium IV.  
Escáner 3D y Láser.  
Fresa de prototipado rápido.  
Impresoras y unidades de respaldo.

### Software

Plataformas Unix, MS Windows NT, 98 y 2000.  
Pro/Engineer 2000i-2 (Plataforma CAE - CAD - CAM).  
Pro/Mechanica.  
Algor 13 (Simulación FEA).  
CMS - CES (Cambridge Material Selector).  
QFD Capture 4.0.  
Microsoft Office 97.  
Macromedia Freehand 7.

## 02.1/ Herramientas Tecnológicas de punta •

### Escáner Láser

[www.capod.com](http://www.capod.com)

Es un escáner portátil de alta velocidad, especializado en la manufactura de órtesis y prótesis, que permite la captura digital de la geometría externa de torsos, extremidades superiores e inferiores y plantillas ortopédicas, facilitando la reducción de los tiempos en la toma de muestras para la fabricación de moldes vía CAD / CAM y en la confección de prótesis y órtesis. El sistema se maneja desde un software especialmente diseñado para realizar las modificaciones terapéuticas necesarias para el desarrollo posterior de los moldes.

### Fresa de prototipado rápido

Esta es una herramienta fácil de usar y compatible con muchos programas 3D CAD, que está diseñada para escanear y fresar dentro de la misma área, y que aumenta la posibilidad de trabajar diversos modelos de piezas diseñadas, generando un prototipado rápido y una mini producción de piezas, las que permiten el testeo directo de la espacialidad real de éstas.

### Pro/Engineer

[www.ptc.com](http://www.ptc.com)

Pro/Engineer es un software CAE (Ingeniería Asistida por Computación) desarrollado por PTC (Parametric Technology Corporation), que permite la modelación tridimensional de objetos y productos. Se encuentra integrado en una plataforma paramétrica enlazada con módulos específicos para producción (Pro/Motion, Pro/Mold Design, Pro/Mechanica, entre otros).

### Algor

[www.algor.com](http://www.algor.com)

Algor es un software FEA (Análisis por Elemento Finito), que permite la simulación de eventos mecánicos estructurales y dinámicos (entre otros), que ayudan a la toma de decisiones de Ingeniería y Diseño. Se integra directamente con un software de diseño paramétrico (Pro/Engineer, SolidWorks, Inventor, etc.) y permite obtener resultados de análisis de esfuerzos internos para geometrías simples y complejas. De esta forma, se logra predecir el comportamiento estructural de la pieza o el ensamble completo del producto, ya que simula su accionar en condiciones reales.

<sup>12</sup> [www.microgeo.cl](http://www.microgeo.cl)

<sup>13</sup> [www.sgi.com](http://www.sgi.com)

## 03/ CASOS DE ESTUDIO

Este proyecto se ha llevado a cabo con el desarrollo de tres casos de estudio en el área de manufactura de ayudas técnicas. En cada uno de ellos se ha aplicado la metodología de diseño concurrente y sus fases, y se han utilizado herramientas tecnológicas de punta. A continuación se presenta un resumen de cada uno de los tres casos.

### 03.1/ Primer caso: Sillas de Ruedas

Las sillas de ruedas fabricadas en el ámbito nacional cuentan con grandes deficiencias a nivel funcional, estético, productivo y de calidad, limitando así su entrada a mercados internacionales con estándares de calidad más altos. El diseño se presenta como una oportunidad de elevar el valor agregado de estos productos, mejorando el desarrollo productivo y potenciando las alternativas funcionales, con el fin de entrar a competir fuertemente, tanto en el mercado regional como en los mercados europeos y norteamericanos.

Este proyecto se llevó a cabo en conjunto con la empresa KABAL y la asesoría de TELETÓN. Se decidió desarrollar una familia o gama de sillas de ruedas, tanto con tracción mecánica como eléctrica, de tipo multipropósito, livianas y de tamaño reducido. En estos productos se dio un gran énfasis a la ajustabilidad y adaptabilidad a distintos usuarios y, además, se incorporó un sistema de levante para cambio postural (permite el cambio de posición sedentaria a posición de pie). Estos productos han sido desarrollados bajo el concepto de plataforma, lo que permite que, con una cantidad determinada de componentes, se puedan obtener productos que van desde lo más básico a lo más sofisticado y con mayor proyección para un mercado tanto nacional como internacional.



## 03.2/ Segundo caso: Herramientas ergonómicas

Las herramientas ergonómicas manuales y manuales motrices son ayudas técnicas destinadas a corregir o a prevenir disfunciones dolorosas de las extremidades superiores (DDES).

De acuerdo con los antecedentes y la experiencia acumulada en el departamento de ergonomía de la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad), entre los trabajos manuales que presentan con mayor frecuencia lesiones de la extremidad superior, se encuentran las actividades de fileteado y faenado (pescado, vacuno, cerdo, etc.).

En esta área del proyecto, se desarrolló un set de herramientas ergonómicas para este tipo de trabajo, las cuales muestran pequeñas intervenciones de diseño tanto en el asa como en el filo. Esos cambios llevan a mejorar ostensiblemente el uso de ellas por parte de los trabajadores, disminuyendo así las lesiones causadas por el movimiento repetitivo en el faenado y fileteado. Durante el primer semestre del año 2001, participaron alumnos que cursan talleres de tercer semestre de la carrera de Diseño Industrial de las sedes regionales de DuocUC, Viña del Mar y Concepción, y con ellos se llegó a resultados preliminares.

En el segundo semestre, se sumaron alumnos de talleres de sexto semestre de la misma carrera de la sede Antonio Varas, y con ellos se llegó a resultados precompetitivos y preproductivos.

Por parte de la empresa PROTEMA, surgió la inquietud sobre el desarrollo de herramientas ergonómicas de jardinería. Así, durante el segundo semestre del 2001, el taller de tercer año de la carrera de Diseño Industrial, de DuocUc, sede Antonio Varas, trabajó con la problemática. El resultado de esa investigación fue un set de propuestas precompetitivas.



### 03.3/ Tercer caso: Prótesis y Órtesis

Actualmente, los componentes y articulaciones para órtesis y prótesis son importados principalmente desde Europa y Estados Unidos, puesto que no existe una producción nacional definida de este tipo de productos, elevándose así los costos y los tiempos de compra. Además, el sistema de toma de muestras, fabricación de moldes y de ciertos componentes a medida (socket, plantillas, etc.) son desarrollados de manera artesanal, lo cual se traduce en tiempos prolongados de proceso productivo por la necesidad de corregir varias veces el producto, hasta lograr la comodidad del usuario.

En esta área del proyecto, se realizó un estudio profundo del método en que se desarrollan ciertos componentes de prótesis y órtesis en Chile, focalizando los esfuerzos en mejorar la interfaz entre el paciente y la prótesis (toma de muestras, parametrización, tecnologías, tiempos, etc.). Para esto, se realizó una serie de aplicaciones tecnológicas y exploratorias en el desarrollo productivo de estos componentes, llegando a resultados y alternativas muy interesantes a ojos de los expertos en el área.

Paralelamente, durante el segundo semestre del año 2001, se contó con la participación, en este tema, de la carrera Diseño Industrial, de las sedes regionales DuocUC, Viña del Mar y Concepción. Esta participación se materializó a través de alumnos que cursan talleres de cuarto semestre de la carrera, quienes realizaron los componentes para prótesis de ganchos (extremidad superior) y articulaciones de órtesis, los cuales podrían constituir una producción nacional. En esta etapa se llegó a resultados formales y conceptuales, con un fuerte aporte en el diseño de mecanismos y en la aplicación de distintos materiales acordes a la realidad productiva nacional. También se crearon proyectos que, a través de diseños simples, potencian las capacidades funcionales de los usuarios, para lo cual se contó con la asesoría constante de expertos nacionales en el tema (TELETÓN, ACHS, PROTEX) y con el apoyo tecnológico requerido (simulación 3D, Análisis de Elemento Finito, Plotter 3D, Escáner 3D Ultrasónico, etc.).



### III-ABSTRACT

# INTRODUCTION AND CONTEXT



## AN FDI INNOVATION AND DEVELOPMENT

Project executed jointly by DuocUC and INTEC

This FDI project seeks to support and strengthen the small/medium-sized company (Pequeña y Mediana Empresa, "PYME") sector, through the implementation of Concurrent Design both as a competitive tool and as a value added to product management. The Technical Aid (wheelchairs, ergonomic tools, and prostheses/ortheses) manufacturing area was chosen because it belongs to a market that, in addition to great social, productive, and business significance, has an enormous development potential at the domestic and international levels alike.

In addition, correct, efficient technology transfer procedures to different sectors, such as PYMEs, and trade/company unions were developed. These procedures encompass dissemination, training, and precompetitive/productive technological transfer initiatives and activities, as well as advanced courses and training for professionals and technicians of the above-mentioned business sector.

## CONTEXT

### Execution and Participants

In the light of the circumstances, INTEC and DuocUC, joined together to execute the proposed project, with the primary purpose of generating suitable conditions for the use of concurrent, collaborative design in the development and manufacture of technical aids by PYMEs. To achieve this objective, a group of technological research and development organizations, along with some user institutions seeking to improve manufactured product quality and design, was gathered.

This project has used the collaborative work/concurrent design scheme in a specific market niche where Chilean PYMEs already

have presence and comparative advantages, i.e., the manufacture of technical aids for disabled people, and within a short period achieved quality products suitable for export and featuring greater value added.

## Concurrent design

Concurrent design can be defined as a method where all product development phases are closely related. In a Concurrent Design Model, all development units work simultaneously, in order to reduce the time used in a conventional, sequential, or phased model. This target requires incorporating two basic concepts - integration and coordination – which are essential to the cohesion of the team.

## Disabilities and technical aids

The development and manufacture of technical aids was chosen as a subject of this project, because it is considered a high-potential market area. Disability is a growing problem throughout the world, which offers the possibility to exploit an unexplored

market niche and lessen the existing gap between mass solutions and products available in the domestic and/or regional market, and the leading, state-of-the-art products marketed in developed countries.

## DEVELOPMENT

A phased methodology and structuring was used in developing the three parts of this project (wheelchairs, ergonomic tools, and prostheses/ortheses), which permitted both to address all the stages necessary for the development of a new product, and

establish a common language for future use in other areas, and transferable to PYMEs and associates through the project's Web Site, [www.concurrente.cl](http://www.concurrente.cl).

## Project Development Stages

- State-of-the-art technology and production Analysis.
- Market Research.
- Product Brief Development.
- Logic Chart Development.
- Quality Function Development (QFD).
- Conceptual Development.

- Formal Development.
- Technical-Productive Development.
- Trial and Checking.
- Manufacturing Development.
- Advertising/Business Development.

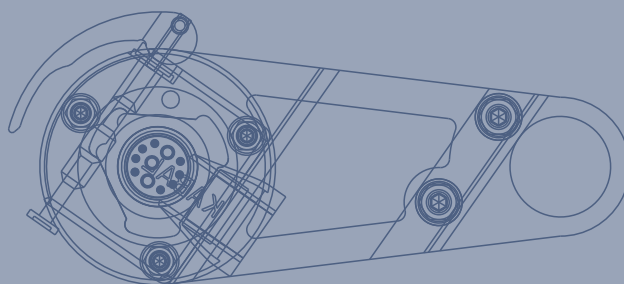
## Technological Implementation

A master model and the use of software permitting smooth interaction between the various units composing the team and the data generated by each of these units are the key issues in a work scheme with a concurrent design-based methodology. To develop Project FDI C699-TCO2, leading edge computer technology labs for the research and development of product design were implemented.

# CASO DE ESTUDIO · SILLAS DE RUEDAS

Wheelchairs

01



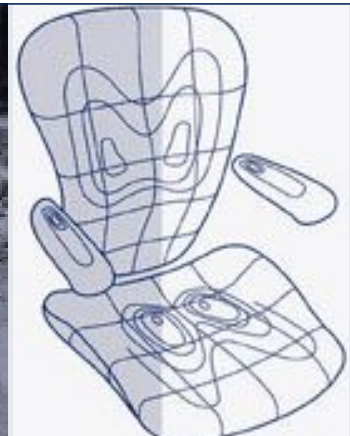


## INDICE

<b>I-CONTEXTO</b>	<b>P. 34</b>
01/ Objetivos	P. 35
02/ Participantes	P. 35
03/ Recopilación de antecedentes	P. 36
04/ Toma de requerimientos	P. 38
05/ Generación del brief de producto	P. 39
06/ Perfil del producto	P. 40
07/ Análisis de patentes	P. 41
<b>II-DESARROLLO</b>	<b>P. 42</b>
01/ Conceptualización	P. 42
02/ Desarrollo formal	P. 44
02.1/ Decisiones de diseño	
02.2/ Tecnología de plataforma	
02.3/ Sistemas de levante	
02.4/ Diseño detallado	
03/ Diversificación	P. 56
<b>III-RESULTADOS</b>	<b>P. 58</b>
01/ Producto final	P. 58
<b>IV-ABSTRACT</b>	<b>P. 62</b>
01/ Context	P. 63
02/ Development	P. 64
03/ Results	P. 65



# I.CONTEXTO



Para este caso se escogió como experiencia piloto el desarrollo de una familia de sillas de ruedas a través de la empresa KABAL. Como dijimos al iniciar la presentación de este trabajo, el proyecto busca apoyar y potenciar al sector PYME, a través de la aplicación del diseño concurrente como herramienta de competitividad y aumento del valor agregado en la gestión de productos. Este corresponde a un nicho de mercado de grandes potencialidades a nivel nacional, regional e internacional, y con fuertes impactos a nivel social, productivo y empresarial.

Este proyecto puede, además, ayudar a plantear una oferta más acorde con las necesidades de sus usuarios y destinatarios finales. Se calcula que en los próximos treinta años, el número de **niños discapacitados** en el mundo aumentará gradualmente en un 47%. En nuestro país, de acuerdo con la información suministrada por TELETÓN, el 1% de los 80.000 niños que nacen anualmente, tiene algún problema de malformación. Además, 56.000 niños menores de 18 años que tienen en la actualidad algún grado de limitación física o deficiencia.

Desde 1995, la PYME KABAL está dedicada a la fabricación de sillas de ruedas para discapacitados. Actualmente produce 8.500 sillas al año, de las cuales exporta 6.500 a mercados que incluyen la Comunidad Europea. Posee, por lo tanto, la experiencia y capacidad necesarias para llegar a mercados altamente competitivos.

El principal productor de sillas de ruedas del mundo es Otto Bock, en Alemania. Esta empresa produce anualmente más de 800.000 sillas que se distribuyen en todo el mundo. Si consideramos que este producto es una de las soluciones más universales para resolver el problema de movilidad de las personas con discapacidad física, el mercado específico a nivel mundial es de aproximadamente 126 millones de potenciales usuarios. De ahí se concluye que la empresa alemana cubre menos del 1% (0.63%) del mercado mundial, y que, por lo tanto, este es un rubro extremadamente atractivo.

## 01/ OBJETIVOS

Desarrollar una familia de sillas de ruedas que ofrezca soluciones a usuarios habituales y a usuarios que generalmente no son considerados por la complejidad de sus patologías (sillas que se adapten al mayor número posible de usuarios, patologías y necesidades) que hoy en día no existen en los centros de rehabilitación a nivel nacional.

Es objetivo fundamental que el desarrollo de estas sillas de ruedas se rija por los estándares de calidad y tecnología presentes en los mercados más avanzados, mediante la utilización de la metodología concurrente para la reducción de tiempos y el perfeccionamiento de los resultados. Esto a permitiría a Kabal presentarse

en los mercados más exigentes de Europa, Asia y Estados Unidos al mismo nivel que sus competidores.

Se pretende que este proyecto constituya un referente fiable, que aporte soluciones a usuarios y fabricantes de manera que la silla de ruedas sea una ayuda técnica adaptada al usuario y no al revés; que sirva tanto para evitar esfuerzos, a veces innecesarios, y deformaciones posturales, como también, en algunos casos, evitar los accidentes que pueden producirse con una silla que no está adaptada a las necesidades de cada usuario.

## 02/ PARTICIPANTES

Para este caso de estudio se organizó un equipo multidisciplinario de trabajo formado por todos los estamentos involucrados en las áreas de rehabilitación, diseño y producción, lo que permitió aplicar a cabalidad el modelo concurrente de desarrollo.

Dentro de los participantes directos destacaron TELETÓN<sup>14</sup>, ACHS<sup>15</sup> (Asociación Chilena de Seguridad), FONADIS<sup>16</sup> (Fondo Nacional de la Discapacidad) y las PYMEs SHYF CERRILLOS<sup>17</sup>, PROTEMA<sup>18</sup> y, principalmente, KABAL<sup>19</sup>. a través de su gerente el señor Henri Baldan, entre otros. El núcleo desarrollador del proyecto FDI, formado por el director del proyecto, dos ingenieros mecánicos y dos diseñadores industriales pertenecientes al Centro de Diseño y Desarrollo Integrado de DuocUC (CDDI), estuvo a cargo de la coordinación de las entidades participantes.

Desde el comienzo de la ejecución del proyecto, el grupo de participantes permitió generar no solo una masa crítica permanente de investigación y desarrollo, sino también un lenguaje común entre productores, diseñadores, terapeutas, médicos e ingenieros, lo que posibilitó el intercambio y la aplicación de los conocimientos

agrupados en la convergencia del desarrollo y diseño de este producto.

El proyecto también contó con el apoyo de colaboradores extranjeros quienes siguieron el proyecto durante toda su ejecución, realizaron visitas de trabajo y proporcionaron material de gran ayuda para la investigación y el desarrollo. Estos colaboradores fueron CEAPAT<sup>20</sup> (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas de España), Design Innovation<sup>21</sup> (DI) de Italia, y el Centro de Innovación y Desarrollo de la Universidad de Girona (CID) España.

Esta etapa también incorporó a tres estudiantes de la carrera de Diseño Industrial del Instituto DuocUC, quienes realizaron su proyecto de título en forma colaborativa con el equipo FDI desarrollando temas específicos dentro de este caso de estudio y relacionándose en forma directa con cada una de las instituciones y empresas involucradas, obteniendo un gran expertizaje en el desarrollo y ejecución de proyectos.

<sup>14</sup> TELETÓN - [www.teleton.cl](http://www.teleton.cl)

<sup>15</sup> ACHS - [www.achs.cl](http://www.achs.cl)

<sup>16</sup> FONADIS (Fondo Nacional de la Discapacidad) - [www.fonadis.cl](http://www.fonadis.cl)

<sup>17</sup> SHYF CERRILLOS S.A. - Fono: (56-2) 557 2054

<sup>18</sup> PROTEMA - [www.ticprotema.ltda.cl/protema.html](http://www.ticprotema.ltda.cl/protema.html)

<sup>19</sup> KABAL - [www.kabal.cl](http://www.kabal.cl)

<sup>20</sup> CEAPAT (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, IMSERSO, Madrid, España.) - [www.ceapat.org](http://www.ceapat.org)

<sup>21</sup> DESIGN INNOVATION - DI, Milan, Italia - [www.designinnovation.com](http://www.designinnovation.com)

## 03/ RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Durante la etapa inicial del proyecto, el equipo desarrollador realizó una exhaustiva recopilación de material bibliográfico y de todos los antecedentes relacionados con la silla de ruedas y su funcionamiento.

Al mismo tiempo, se realizó un análisis del estado del arte de las sillas de ruedas y se efectuaron reuniones periódicas de trabajo

e investigación con las instituciones y empresas interesadas en el proyecto. Esta secuencia de reuniones requirió de un período previo de alfabetización por parte del equipo que coordinó el trabajo para enfrentar el lenguaje técnico de cada una de las áreas involucradas.

### 03.1/ Análisis de estado del arte



En primer lugar, la empresa KABAL se hizo cargo de diseñar un perfil general del producto: una familia de sillas de ruedas con componentes compatibles, a la que fuera factible agregar una tracción eléctrica y aumentar las posibilidades de acción del usuario a través de un sistema de incorporación vertical o de levante. Se pudo configurar así un rango de investigación de todos los productos relacionados que se alcanzan como líderes en la fabricación de sillas de ruedas a nivel internacional, reuniendo catálogos e información on line de todas las tecnologías existentes en nuestra región para el desarrollo de un producto de punta.

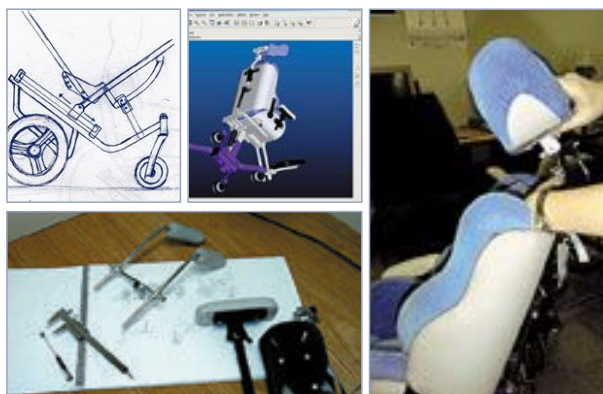
### 03.2/ Mecánica de silla de ruedas

Se estudió el funcionamiento y la mecánica de las sillas de ruedas, a través de la ingeniería reversa aplicada a sillas neurológicas de la marca Sueca Panda, líder en Europa, proporcionadas por el FONADIS.

Igualmente estos estudios se orientaron a la producción nacional a través de las sillas de ruedas proporcionadas por la empresa KABAL. En este caso también se realizaron visitas a su planta productiva para conocer en detalle cada una de las posibilidades técnicas de producción.

Cada uno de los componentes de estas sillas fue estudiado y analizado mediante modelaciones tridimensionales en Pro/Engineer y testeados en el software de análisis mecánico Algor. El objetivo fue reconocer las tendencias actuales utilizadas por los países que han alcanzado mayor desarrollo en el área de la discapacidad y, más específicamente, en la producción de sillas de ruedas. Esto permitió comprender el correcto funcionamiento de una silla de ruedas, la relación antropométrica y el balance adecuado que requiere un paciente.

En este proceso se obtuvieron conclusiones que permitieron investigar nuevas opciones de tecnologías que se pueden incorporar, comprender la complejidad de este producto y reorientar las fortalezas y debilidades de la empresa para enfrentar el desarrollo posterior.



### 03.3/ Estudio de fallas

Se realizó una visita de inspección y estudio a la bodega del Instituto de Rehabilitación TELETÓN donde aproximadamente había 520 sillas de ruedas en desuso. Su mal estado se debe principalmente al uso prolongado de la silla, a una incorrecta utilización, al traslado a través de terrenos muy irregulares, y, en especial, a la mala calidad de la silla de modelo económico que es el más requerido por TELETÓN y cuya vida útil va de uno a tres años.

Los modelos encontrados en la bodega pertenecían principalmente a las marcas **Kueschall, Müller y Kabal**, proveedores habituales del Instituto de Rehabilitación.

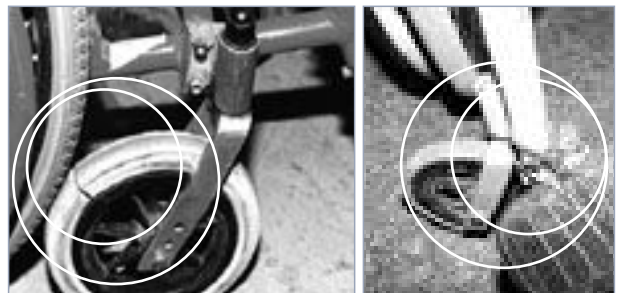
Dentro del estudio se efectuó un catastro de alrededor de trescientas sillas para conocer sus fallas más frecuentes, para así focalizar los esfuerzos a evitarlas y a reforzar o mejorar las tradicionales zonas de desperfectos.

Se pudo establecer que una de las fallas más frecuentes (**cercana al 80%**) se produce en la zona de la rueda delantera, más específicamente en el **“caracol”**.

Otra de las fallas habituales es la fatiga de las uniones que con-

forman la **“tijera”** o el conjunto de piezas que permiten el pliegue de la silla completa. Su forma de **“x”** provoca el **descuadre completo de la silla**, problema que sobrepasa el **70% del total** de las fallas.

El resto se produce por situaciones y problemas similares principalmente en **frenos, apoyapiés, eje de las ruedas traseras y mangos de empuje**.



### 03.4/ Recopilación de información

Durante los primeros meses de ejecución del proyecto se tomó contacto con las instituciones relacionadas con el área de prevención y rehabilitación en salud, que se encontraban inscritas en el marco del proyecto desde su gestación (TELETÓN, FONADIS, ACHS).

De esta manera y a través de la recopilación de material bibliográfico se obtuvo toda clase de información relacionada con esta área, como ser: restricciones y problemáticas del usuario de una silla de ruedas; publicaciones nacionales y extranjeras de rehabilitación; material sobre ergonomía y antropometría; información sobre las diferentes patologías, etc. Al mismo tiempo se realizaron encuestas a todos los estamentos involucrados (médico rehabilitador, terapeuta ocupacional, kinesiólogos, usuarios, etc..) a fin de establecer claramente las necesidades y requerimientos de este sector.

## 03.5/ Investigación de patologías

El Instituto de Rehabilitación Infantil de Santiago atiende alrededor de 7.000 pacientes activos, lo que corresponde aproximadamente al 50% del total de los atendidos en los diferentes institutos a lo largo del país. De éstos, 3.894 pacientes ingresaron a tratamiento en Santiago, durante el año 1998. Las patologías más frecuentes son: parálisis cerebral (54.21%, 2.111 pacientes), lesionados medulares (14.12%, 550 pacientes) y mielomeningocele (2.11%, 82 pacientes) En la mayoría de los casos, estas patologías presentan dificultades para lograr y/o mantener la posición sedente.

Las patologías causantes de discapacidades físicas que conllevan al uso de sillas de ruedas son: Accidente cerebro-vascular, amputación del miembro inferior, artritis, ataxias hereditarias, esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple, espina bífida, miopatías, parálisis cerebral, secuelas poliomielitis, paraplejia y tetraplejia<sup>22</sup>.

## 04/ TOMA DE REQUERIMIENTOS

### 04.1/ Interacción con terapeutas

Para obtener información más específica se efectuaron reuniones semanales con terapeutas ocupacionales del Instituto de Rehabilitación Infantil TELETÓN dirigidos por la señora Olvido Rodríguez. En cada sesión se trabajó un tema asociado a las patologías, movilidad de los pacientes, disfunciones más frecuentes, terapias relacionadas, entorno psicológico, lesiones habituales producidas por el uso excesivo de la silla de ruedas, necesidades de una silla de ruedas y sus fallas más comunes, etc. a través de pautas previamente preparadas con las preguntas y temas que se tratarían.



Los terapeutas asisten a las personas con discapacidad motora, sensorial, cognitiva o psicosocial con la intención de proporcionarles el máximo grado de autonomía personal en su entorno (familiar, social y profesional). Este grado de autonomía se intenta conseguir mediante la actividad y la ocupación de la persona<sup>23</sup>.



<sup>22</sup> Información proporcionada por el Instituto TELETÓN y por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

<sup>23</sup> Definición Guía de Selección y Uso de Sillas de Ruedas / Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

## 04.2/ Recopilación de requerimientos de empresas e instituciones

La fase de recopilación de información permitió configurar un esquema con un set de preguntas orientado a definir en forma escrita y con un alto grado de precisión, cada uno de los reque-

rimientos formulados tanto por la empresa productora como por las instituciones relacionadas con el área de la salud. (KABAL, PROTEMA, TELETÓN, FONADIS, ACHS).



Este registro fue separado en cinco áreas compatibles de desarrollo<sup>24</sup>:

1. Propiedades de uso.
2. Propiedades de funcionamiento.
3. Aspectos estético funcionales.
4. Potencial técnico productivo.
5. Costos de producción y factibilidad comercial.

## 05/ GENERACIÓN DEL BRIEF DE PRODUCTO

### 05.1/ Brief

Tras haber obtenido las respuestas provenientes de las pautas formuladas tanto a la empresa productora como a las instituciones de rehabilitación involucradas se realizó un listado con cada una de las respuestas, aspiraciones y sugerencias, agrupadas según criterios comunes.

A modo de ejemplo, los requerimientos relacionados con el asiento y la postura condujeron a estudiar la incorporación de un soporte

rígido en la base asiento (cubierto por algún material muy blando en su parte superior), con el objeto de que guíe correctamente la postura y evite las lesiones conocidas como escaras; además, tendría que ser lavable, adaptarse a distintas medidas antropométricas, etc. Esta etapa permitió identificar y discriminar cada uno de los requerimientos para luego ponderarlos y evaluarlos.

#### CRITERIOS DE SELECCIÓN VALORADOS COMO MÁS IMPORTANTES EN LAS SILLAS DE RUEDAS:

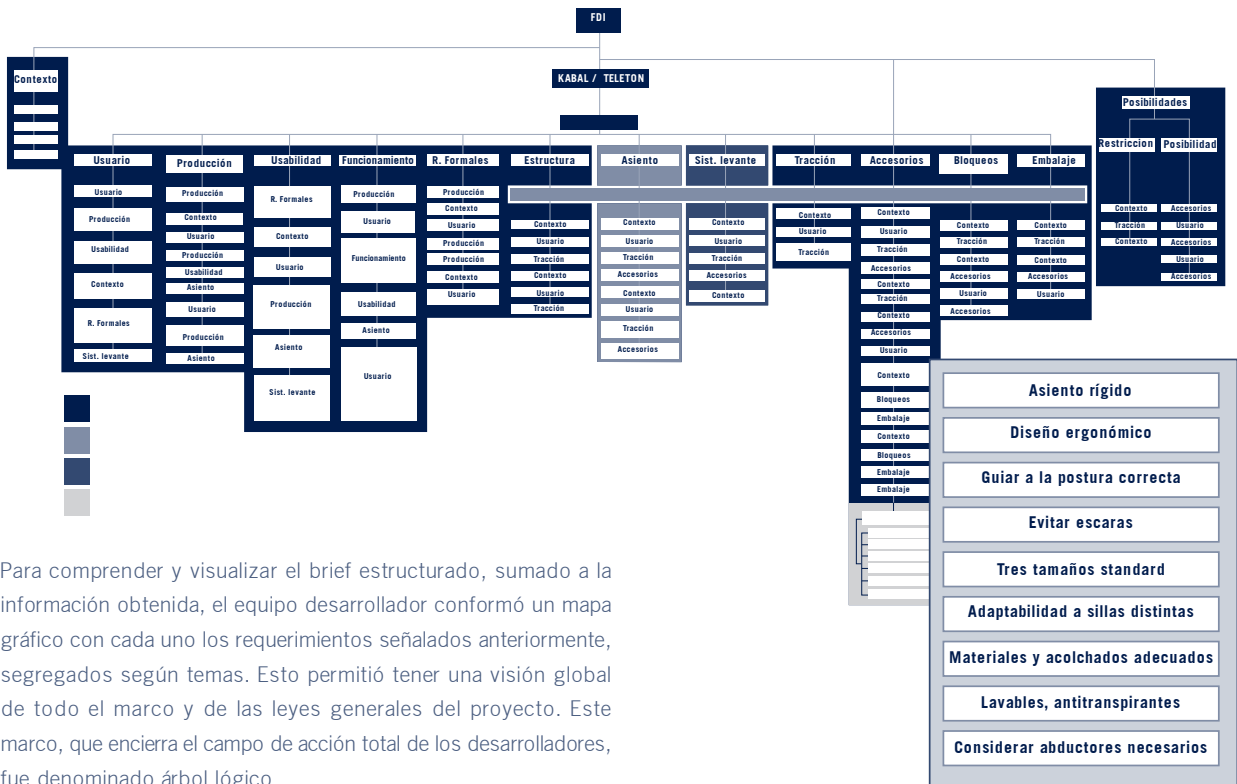
- Adecuación a las dimensiones del usuario.
- Seguridad.
- Adaptación clínica.
- Posibilidad de plegado.
- Transportabilidad.
- Estética.
- Precio.
- Compatibilidad con otras marcas.
- Facilidad de manejo.
- Regulabilidad.
- Durabilidad.
- Facilidad de mantenimiento.
- Adecuación al entorno.
- Adecuación al uso.

Entre estos criterios los más valorados por los pacientes son la seguridad, la facilidad de conducción, el adecuamiento a las dimensiones. Por su parte, los profesionales relacionados con la

rehabilitación priorizaron la adaptación de la silla a diferentes usuarios y a las necesidades clínicas de cada uno.

<sup>24</sup> PARRA, Jaime – HINRICHSEN, Carlos. "Evaluación de Diseño de Productos". 1987.

## 05.2/ Árbol lógico



Para comprender y visualizar el brief estructurado, sumado a la información obtenida, el equipo desarrollador conformó un mapa gráfico con cada uno de los requerimientos señalados anteriormente, segregados según temas. Esto permitió tener una visión global de todo el marco y de las leyes generales del proyecto. Este marco, que encierra el campo de acción total de los desarrolladores, fue denominado árbol lógico.

## 06/ PERFIL DEL PRODUCTO

Tras la estructuración de la toma de requerimientos, se pudo conformar un perfil detallado del producto, incorporando las características deseadas por la empresa productora y atendiendo las observaciones de los profesionales vinculados al proceso de rehabilitación.

El perfil resultante contempla generar un chasis base a partir del cual se modulariza el resto de los componentes independientes de la silla, agregados de acuerdo con las necesidades de cada usuario.

La generación del producto a partir de una base común se denomina Tecnología de Plataforma.

Otras de sus características son: generar la escalabilidad del producto, mediante la movilidad de los componentes para adecuarlo antropométricamente a cada usuario; proporcionar alternativas de sistemas de tracción entre el manual y el eléctrico; y generar un sistema manual, neumático o eléctrico que permita al usuario incorporarse a la posición vertical (sistema de levante).



## Concepto Accesibilidad

La accesibilidad es una característica básica del entorno construido. Es la condición que posibilita llegar, entrar, salir y utilizar casas, tiendas, teatros, parques y lugares de trabajo.

La accesibilidad permite a las personas participar en las actividades sociales y económicas para las que se ha concebido el entorno construido.

La movilidad personal depende parcialmente de los medios que la gente tenga a su disposición. El desarrollo de estos medios, adaptados a las circunstancias individuales, es un importante desafío para el diseño industrial.

“Cualquier persona debe tener la posibilidad de usar independientemente y de forma normalizada el entorno construido.”<sup>25</sup>



## 07/ ANÁLISIS DE PATENTES

Una vez conformado el perfil definitivo del producto y a petición del equipo desarrollador, la empresa KABAL contrató los servicios de un experto en patentes a nivel internacional para investigar la actual situación de sus posibles competidores y reglamentar su ingreso a mercados complejos como el europeo.

“En el ámbito internacional, considerando las bases de datos de Europa y Estados Unidos, figuran cierto tipo de sillas de ruedas que guardan relación con el desarrollo que el Proyecto FDI contempla en su realización. Específicamente, en el ámbito de sillas de ruedas que permiten a sus usuarios pararse desde su posición de asiento, aparecen como relevantes las publicaciones de patentes US 5,984,338, de fecha 16-11-1999, de la firma LEVO AG Dottikon, WO 79/00647, de fecha 06-09-1979, del señor Gunnar Olaf Rasmussen y FR2697418, de fecha 06-05-1994, de los señores Mario Koinor y Bernard Codirot. En estas tres publicaciones, así como en otras que fueron investigadas se está protegiendo formas específicas de llevar a cabo la acción de levante del usuario de la silla hacia la posición de pie”<sup>26</sup>.



Debido a la estricta normalización y legalización de los productos comercializados, esta etapa se presenta como esencial en el desarrollo de cualquier producto que tiene como destino competir en los mercados internacionales.

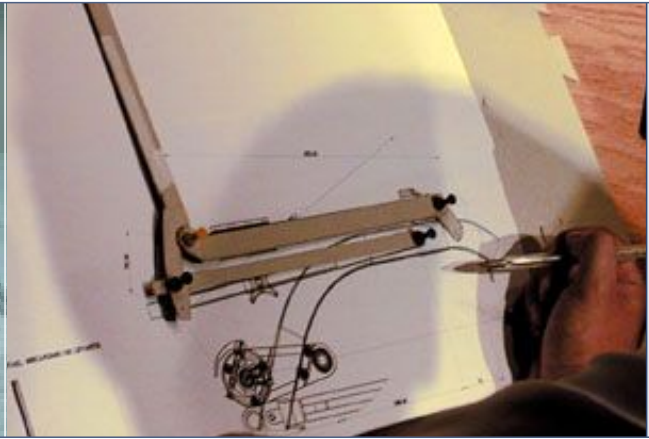
No incluir este proceso en la fase previa al desarrollo formal puede significar enormes pérdidas para la empresa a nivel nacional y demandas millonarias a nivel internacional.

<sup>25</sup> Concepto europeo de accesibilidad proporcionado por CEAPAT.

<sup>26</sup> ESCOBAR LÓPEZ, Andrés. Consultores en Propiedad Industrial e Innovación Tecnológica. ael@entelchile.net.

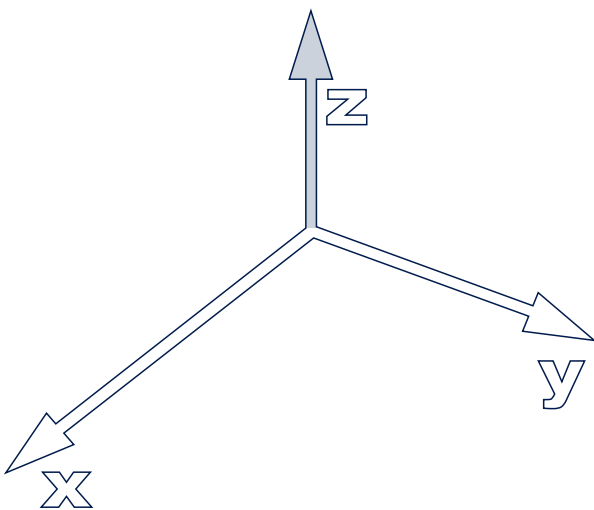


## II·DESARROLLO



### 01/ CONCEPTUALIZACIÓN

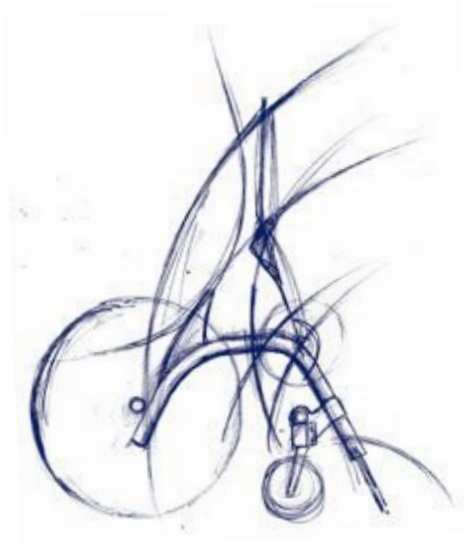
#### 01.1/ Silla de Ruedas como medio que proporciona accesibilidad •



La mayoría de los esfuerzos para mejorar la situación social de los discapacitados que se transportan por medio de una silla de ruedas, están enfocados a proporcionar igualdad de condiciones con el resto de las personas en el medio en que se desempeñan. Es decir, que intentan mejorar y optimizar los espacios físicos de desplazamiento en cuanto a accesibilidad y desempeño en los diferentes ambientes, por ejemplo, en el hogar, la vía pública, el colegio, el trabajo, etc. procurando optimizar la inserción de la persona discapacitada en el medio.

Hasta ahora la mayoría de éstas modificaciones y mejoras se han proyectado y materializado en una concepción **bidimensional**, por ejemplo: ensanchamiento de calles o puertas, el ingreso a los escritorios o aumento de rampas.

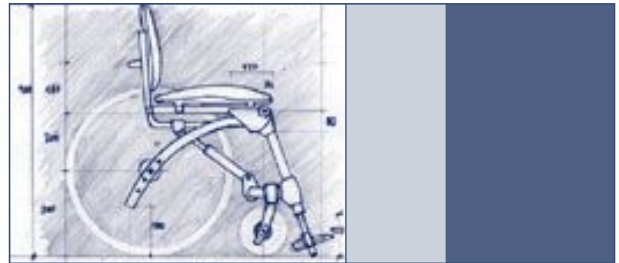
En este sentido se está cumpliendo un objetivo: posibilitar el ingreso de las personas al medio en el cual desean insertarse. El siguiente obstáculo que enfrentan los discapacitados en silla de ruedas comienza en el espacio **tridimensional**; es decir, en el entorno directo en que la mayoría de la gente se desenvuelve, una persona discapacitada tiene dificultades relacionadas con la altura a que se encuentran objetos tales como interruptores, estantes, lavamanos, aparadores, closets, etc.



## 01.2/ Exploración •

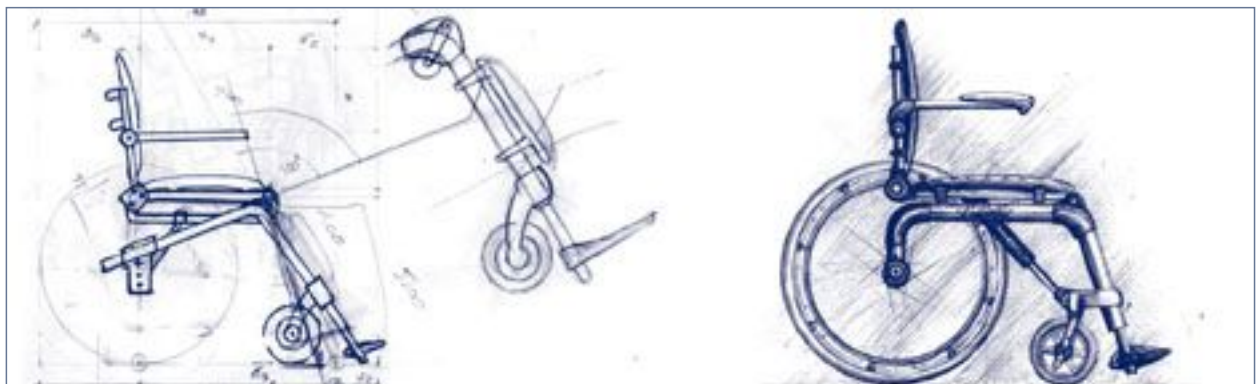
A partir de la configuración del marco de restricciones y posibilidades de las sillas de ruedas y de la compilación de todo el contexto se comenzó a generar la conceptualización del producto mediante una serie de propuestas de exploración que cumplieran con los conceptos preestablecidos.

Por ejemplo, que el producto completo generara una liviandad visual, que fuera a la medida de cada usuario, que permitiera eliminar las barreras de las personas en altura, etc.

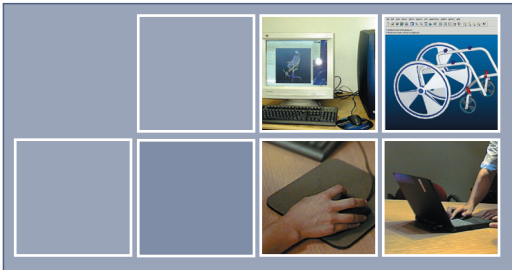


## 01.3/ Primeras propuestas •

Las primeras propuestas pretendían generar un acercamiento entre las características requeridas, los conceptos involucrados y la realidad del desarrollo formal.



## 014/ Herramientas y metodologías de desarrollo



Todo el desarrollo de este caso de estudios se llevó a cabo bajo el esquema de la Guía para el Diseño y Desarrollo de Productos utilizando Diseño Concurrente (capítulo 00). Además, desde el comienzo de este proceso se utilizaron herramientas tecnológicas de simulación y testeo (Pro/Engineer - Algor), y metodologías estratégicas de desarrollo como QFD<sup>27</sup> (Quality Function Deployment), que permitieron agilizar y clarificar la evolución de cada una de las propuestas formuladas.

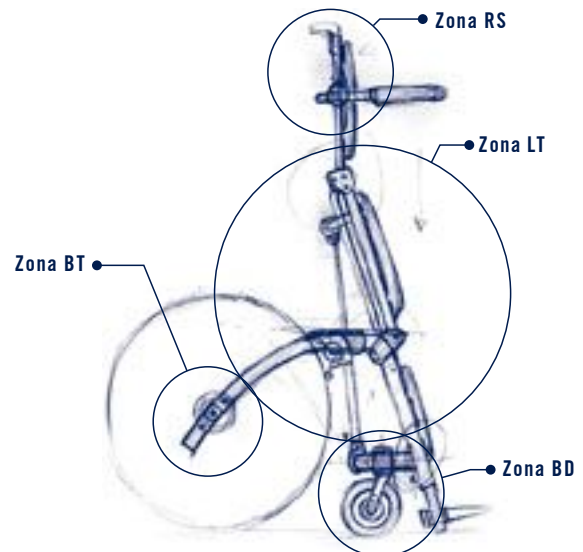
## 02/ DESARROLLO FORMAL

### 02.1/ Decisiones de diseño

#### División del trabajo de diseño de la silla de ruedas según zonas físicas de trabajo independiente

Una de las decisiones más importantes, tomada previa a la fase de diseño detallado, fue la de vislumbrar zonas que podrían desarrollarse en forma paralela tanto en su fase de diseño como de ingeniería sin interferir en los tiempos de profundización de cada una.

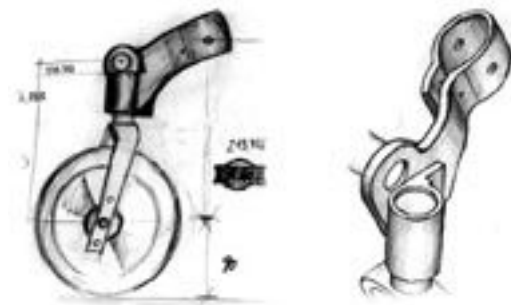
Como consecuencia de ello, los tiempos de desarrollo general de la silla de ruedas se disminuyeron notablemente y cada una de estas zonas, consideradas independientemente, mantuvo una interrelación y coherencia permanentes ya que los desarrolladores entre una zona y otra pertenecían al mismo equipo.



#### Desarrollo de sistemas de conexión y fijación

Uno de los requerimientos formulados en el brief de producto y más valorados por la empresa, fue la reducción del proceso de soldadura; consecuentemente, esta implicó disminución del tiempo y, por ende, la reducción del costo productivo de la silla de ruedas. Por esto, la ruta lógica de investigación se orientó hacia el desarrollo de sistemas de fijación o conectores, lo que a su vez permitiría responder al requerimiento de modularidad de la silla completa para escalarla a la medida del usuario.

Una vez asumido el compromiso de la disminución o eliminación del proceso de soldadura hay que tener en cuenta tanto las ventajas que representa la utilización de conectores, como también -y por sobre todo- las desventajas que deben ser homologadas o suplidas en el proceso de diseño.



<sup>27</sup> QFD (Quality Function Deployment): Proceso estructurado para recoger e interpretar "la voz del cliente" y convertirla en requisitos internos a lo largo de la vida del producto, con la participación de todas las funciones que intervienen en el proceso.

### VENTAJAS DEL USO DE CONECTORES

- Elimina la soldadura y sus post procesos.
- Agiliza el proceso de producción y armado.
- Ofrece movilidad de posiciones.
- Permite el cambio de dimensiones generales de la estructura.

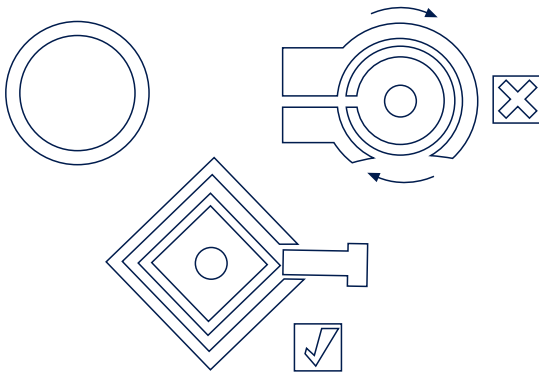
### DESVENTAJAS DEL USO DE CONECTORES

- Dificulta la fijación y sujeción.
- Aumenta la cantidad de perforaciones y pernos pasantes.
- Aumenta el peso total de la silla.
- Aumenta la complejidad visual.

Contar con una estructura base permite definir una serie de zonas y áreas en las que es posible apoyar y unir el resto de los componentes habituales de una silla de ruedas. Se puede comenzar

a generar una serie de piezas y componentes que conformarán finalmente los diversos modelos de sillas.

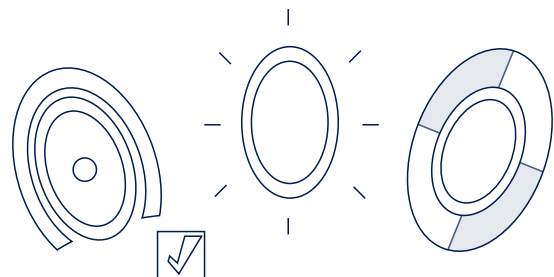
### Sistemas de conexión



La mayor problemática que enfrenta la utilización de conectores es la fijación y sujeción a la estructura. Con el paso del tiempo, cada componente que se agrega a esta estructura sufre desajustes debido a las cargas y a los movimientos, en especial el provocado por el giro del componente sobre su propio eje (al utilizarse una estructura con perfil tubular circular). Estos desajustes producen finalmente un descuadre general de la estructura.

Tomando en cuenta estas observaciones y considerando que la utilización de perforaciones con pernos pasantes puede causar el debilitamiento de la estructura misma, se tomó la decisión de variar, para estos productos, la sección del perfil de una tubular a una elíptica. De este modo, el mismo perfil de la estructura pasa a ser la guía que limita el movimiento de los conectores en algunos sentidos, impidiendo así el giro frecuente de estos sobre su

propio eje. Este cambio de sección aumentó la resistencia mecánica frente a la compresión vertical provocada por el peso del usuario, lo que a su vez permitió eliminar una serie de tubos estructurales de la parte baja, y disminuir casi a la mitad el peso habitual de las tradicionales estructuras de una silla de ruedas.



## 02.2/ Tecnología de plataforma

El desarrollo de esta familia de sillas fue proyectado mediante la generación de una base común o plataforma, a partir de la cual se originarían los cambios superficiales a cada modelo para adecuarlo a las expectativas y necesidades tanto de los usuarios como de los distribuidores.

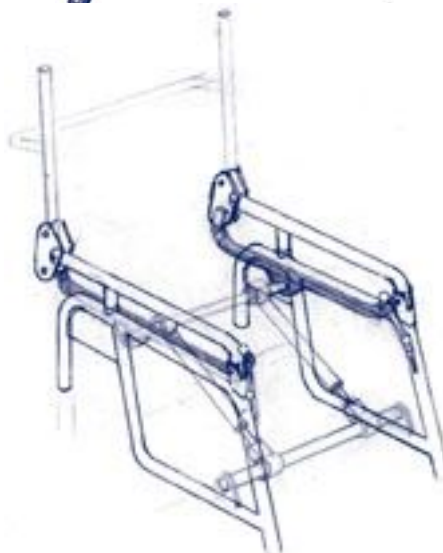
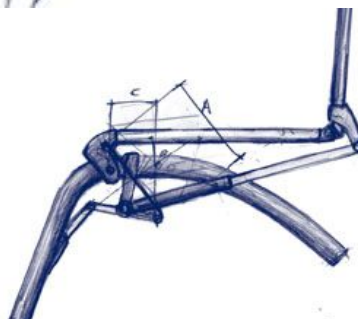
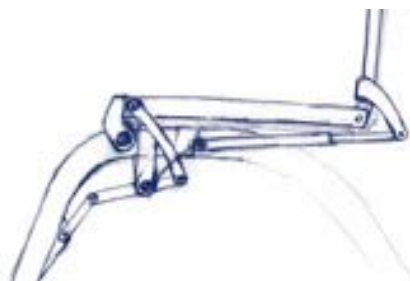
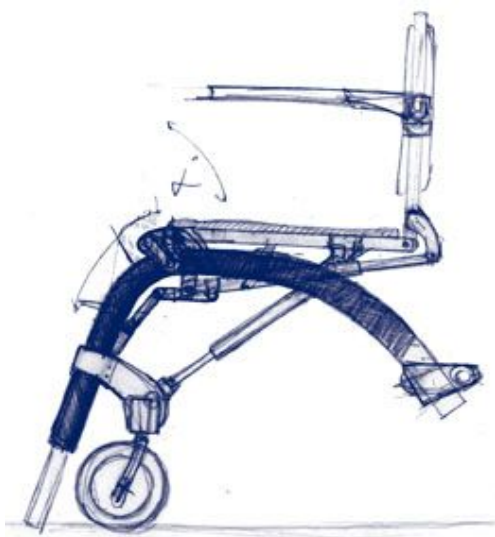
La plataforma debe posibilitar el intercambio de piezas y partes de acuerdo con los requerimientos del cliente. Por ejemplo, este puede solicitar que el asiento tenga tal profundidad, o que las posiciones de las ruedas logren la amplitud que él necesita, o bien que se incorporen elementos más complejos como la tracción trasera eléctrica o un sistema de levante, etc.

De esta forma, el usuario podría además agregar otros elementos con el tiempo; es decir, puede adquirir inicialmente un producto básico o simple, y luego modificarlo o ampliar sus posibilidades (Ej: cambiar de una silla manual a una eléctrica sin comprar una silla nueva).

La generación de una plataforma que permite variar las posibilidades de uso, amplía el rango de usuarios de un mismo producto. Escalar la silla de acuerdo con las necesidades del cliente es un cambio significativo para la empresa KABAL, pero no hay que olvidar que existen límites de escalabilidad que no deben contraponerse con la correcta funcionalidad.

### Estudio y propuestas

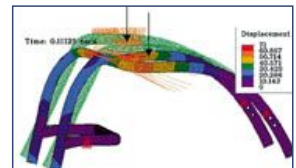
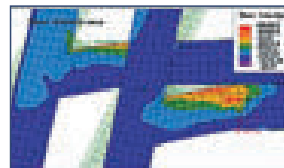
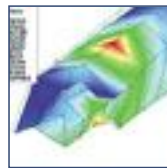
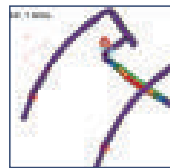
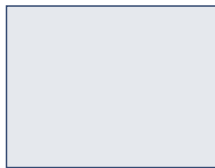
En una primera fase se desarrolló una serie de modelos básicos de plataformas a nivel de conceptualización gráfica, con croquis y planos preliminares que incluían las ideas iniciales de la configuración de la silla requerida. Se tuvo en cuenta sobre todo los requerimientos formulados tanto a nivel estético como funcional.



### Parametría y análisis de elemento finito (FEA)

Las primeras propuestas y conceptualizaciones fueron acotadas y traspasadas al software Pro/Engineer para generar visualizaciones tridimensionales y comenzar a dar las soluciones constructivas funcionales.

Cada una de ellas fue analizada y testeada estructural y mecánicamente mediante un software de análisis de elemento finito (ALGOR) que permite prever el comportamiento ante ciertas sollicitaciones.



### Plataforma seleccionada

La plataforma preseleccionada cumplía bien a los requerimientos estructurales y estéticos (ligereza visual) inicialmente planteados, por lo que fue aprobada por la empresa productora como punto de partida del desarrollo del resto de la silla de ruedas.





## 02.3/ Sistema de Levante

### Principio formal

Una de las características más importantes de los modelos desarrollados, es que cuentan con un sistema que permite llevar a la persona desde la posición de asiento a la de pie.

Este es un sistema incorporado a la silla de ruedas capaz de elevar al usuario pasivamente hasta una postura de bipedestación, sujetándolo firmemente por detrás y delante. El mecanismo de elevación puede ser accionado en forma manual, hidráulica o eléctrica (depende de la elección del comprador).

Esto permite al usuario lograr un mayor alcance mejorando las posibilidades de relación social. Estimula y favorece las funciones respiratoria, circulatoria y gastrointestinal; puede reducir la espasticidad, así como liberar la presión de los tejidos en contacto con el asiento; además, previene la osteoporosis.

Está demostrado que la inactividad produce la pérdida del tono muscular en los músculos normales, por lo que es esencial que alguien con musculatura débil evite quedarse en la cama. Si ello no fuera posible, debe intentar hacer algunos ejercicios en la cama<sup>28</sup>.

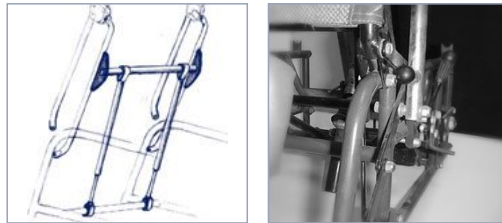
Los objetivos son reducir el desarrollo de contracturas por medio del estiramiento, mantener el grado de flexibilidad muscular, propiciar un manejo postural adecuado y prolongar las posibilidades de marcha y bipedestación por medio de uso de órtesis.



### Ingeniería reversa



Previo al desarrollo y formulación de una propuesta de este sistema, se analizaron algunos modelos de las marcas líderes, al igual que las tecnologías existentes en este tipo de productos. Además se realizó una investigación acerca de patentes, para conocer las alternativas que ofrecen los futuros competidores de este producto (aproximadamente cuatro en el mundo).



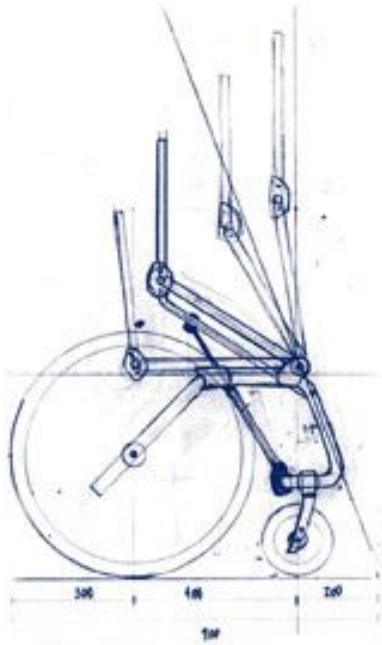
### Analogías

Un estudio de la biónica de las articulaciones del cuerpo humano, sirvió como referente en la conceptualización para demostrar cómo se trasladan los ejes de rotación al momento de provocarse el giro entre dos piezas. Este movimiento fue analizado tras investigar las formas existentes para un sistema de levante, tanto en las sillas que se encuentran en el mercado como en diversas maquinarias. El principio mecánico del movimiento es originado mediante la traslación curvilínea.

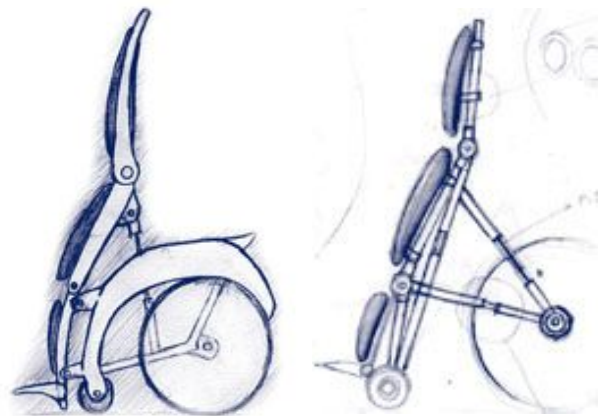


<sup>28</sup> Unidad de Kinesioterapia, Instituto de Rehabilitación Infantil, Santiago, Chile.

## Estudio y exploración de propuestas



En una primera fase se desarrolló una serie de mecanismos básicos de sistemas incorporados a la plataforma, a nivel de conceptualización gráfica con croquis y planos preliminares que estipulaban superficialmente algunos principios de funcionamiento mecánico.



## Innovación

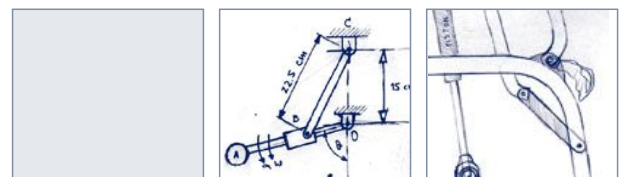
La formulación de propuestas de sistemas de levante se encontró limitada por la información obtenida a través de la investigación de patentes, que protegió algunos de los principios y movimientos que el equipo FDI pretendía mejorar.

Se realizaron tres propuestas de sistemas de levante para responder con una gran innovación en este tipo de productos y lograr que la verticalización del usuario permitiera bajar la altura del apoyapies, hasta tener contacto directo con la tierra al momento de estar erguido y mejorar así la estabilidad completa de este producto.

Sin embargo, las dos primeras alcanzaron a ser cubiertas por la protección de patentes a nivel europeo y americano.

La tercera propuesta (definitiva) consistió en desarrollar el movimiento del levante y el del apoyapies en forma independiente entre uno y otro, manteniendo la acción simultánea, mediante pequeños

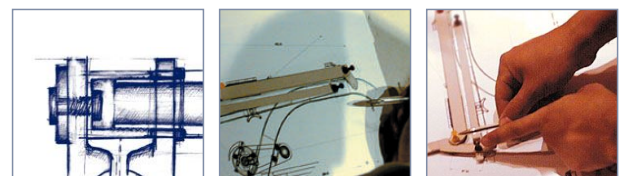
pistones a gas guiados por el mismo tubo de la estructura que conecta los apoyapies. Este pequeño pistón se acciona y estira al mismo tiempo que los pistones del levante del asiento (por la carga que adquiere el apoyapies al ocurrir el cambio postural) y luego se atraído por un resorte (al perder el peso de la persona). La propuesta formula que “el mecanismo conductor de la fuerza de accionamiento es la persona misma”.



## Análisis

La evolución de los sistemas de levante fue determinada por los análisis de movimiento y ajustes realizados en el módulo del software Pro/Engineer, Pro/Motion, y mediante maquetas básicas de estudio mecánico.

Finalmente se comprobó que todo el sistema de levante se desencadena como una polea de ejes desplazados, lo que permite que el respaldo siempre se mantenga vertical, y que los apoyapies sean impulsados en forma simultánea, es decir como una gran leva.





## 02.4/ Diseño detallado

Una vez conformada la estructura base y definido a grandes rasgos el sistema de levante, se inició el diseño detallado. El objetivo de esta etapa es exponer, en primer lugar, el desarrollo formal y constructivo del conjunto completo de la silla de ruedas, y de algunos de los sistemas desarrollados paralelamente tras la segregación por zonas de trabajo. Y, luego, abocarse a los conectores proyectados para la zonas que conectan las ruedas

delanteras, las ruedas traseras, la ubicación de los apoyabrazos y el desarrollo de los apoyapiés, todos ellos diseñados como pequeños sistemas que pueden llegar a cumplir otras funciones. Para estos sistemas, junto con el desarrollo formal, debieron definirse los materiales más adecuados para las sillas de ruedas y la realidad de la empresa, además de los procesos con que cuenta el medio nacional y regional.

### Definición de un material adecuado

Para definir los materiales más adecuados se realizaron matrices que enfrentaban las posibilidades existentes con los requerimientos deseados para las piezas proyectadas. Como ejemplo hemos tomado las zonas de trabajo independiente, las cuales se someten bajo ciertos requerimientos del árbol lógico. La definición del material debe ser calificada de acuerdo con los parámetros proporcionados por el resto de los requerimientos formulados por los usuarios y el cliente directo (KABAL).

El material adecuado debía ser liviano; permitir la generación de formas simples; de fácil armado; resistente a la tracción y a la humedad; y, finalmente, económico para que el costo de producción pudiera reducirse.

Estas características -resistencia, liviandad, precio del material y costo del proceso productivo- tienen una mayor ponderación, porque son factores determinantes en la funcionalidad y en la factibilidad comercial del producto final, requerimientos que el cliente no está dispuesto a transar.

De acuerdo con esto, los requerimientos mejor ponderados han determinado que el duraluminio es el material que cumple de mejor manera.

Requerimiento v/s material	Resistencia mecánica	Liviano	Complejidad visual	Armado	Bajo costo proceso producción	Bajo precio material	Resistencia a la humedad
ACERO	++	--	+	++	+	++	--
ALUMINIO TEMP.	++	++	+	++	+	+	++
PLÁSTICO	+	++	+	++	--	++	++
FIBRA CARBONO	++	++	+	++	--	--	++
ACERO INOX.	++	--	+	++	+	+-	++
TITANIO	++	++	+	++	--	--	++

## Definición del proceso

De la misma forma, y considerando el material elegido, se definieron los procesos más adecuados.

En este caso, hay que tener en cuenta que los requerimientos del cliente -mencionados en el punto anterior-, también son factores determinantes en la funcionalidad y sobre todo en la factibilidad comercial del producto final.

De acuerdo con estas ponderaciones, y en relación al aluminio, el proceso que apareció como el más indicado es el de la extrusión. La inyección, la forja y la microfusión quedan descartadas por el alto costo que implican en el proceso de producción. La fundición tiene problema en el resultado de la resistencia mecánica y física del material y el mecanizado no cumple en rapidez y costos de la misma forma que la extrusión.

La determinación de un material y de los procesos por medio de una matriz de enfrentamiento y de análisis de valor, no implica que el resto de los materiales no sigan siendo considerados, ya que pueden aparecer propiedades o características para piezas específicas que el duraluminio no cumpla.

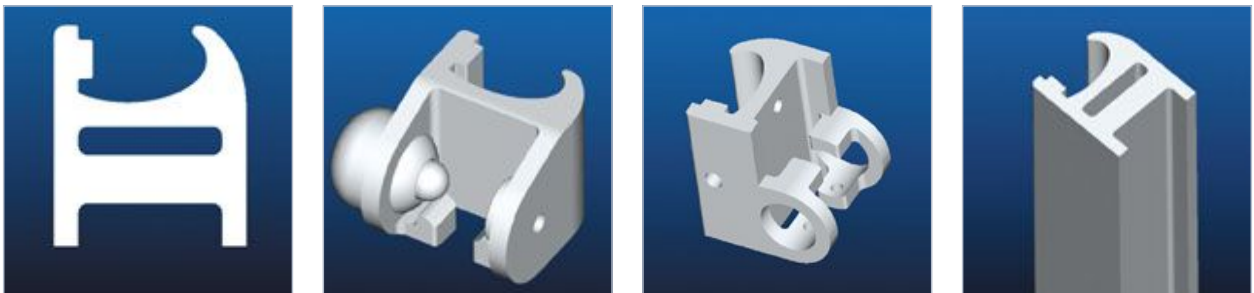
Requerimiento v/s proceso	Costo proceso/ 1000 u/ año	Rapidez	Complejidad piezas	Calidad superficial	Reducción de procesos posteriores	Resistencia mecánica material
FUNDICIÓN	++	-	+	--	--	-
INYECCIÓN	--	++	+	++	+	+
FORJA	--	+	+	+	-	++
EXTRUSIÓN	++	++	-	+	+	++
MECANIZADO	+	--	++	++	++	+
MICROFUSIÓN	--	--	++	++	++	-

## Conector multifuncional

A nivel de costos de producción, una de las problemáticas de la utilización de conectores era el aumento excesivo de las matrices de extrusión. Como solución a este problema se diseñó un conector que, dentro de la configuración total de la silla de ruedas, podía cumplir varias funciones aplicado de distintas formas. Este conector multifuncional surge de un perfil extruido de aluminio con una sección especial, el cual, al ser mecanizado de diferentes formas, puede ubicarse en varias posiciones para distintas funciones. El conector se adapta a la sección elíptica de la estructura

de la silla y se mueve sobre un riel, gracias a lo que se puede aplicar un sistema de regulación de posición muy fino sin necesidad de perforación.

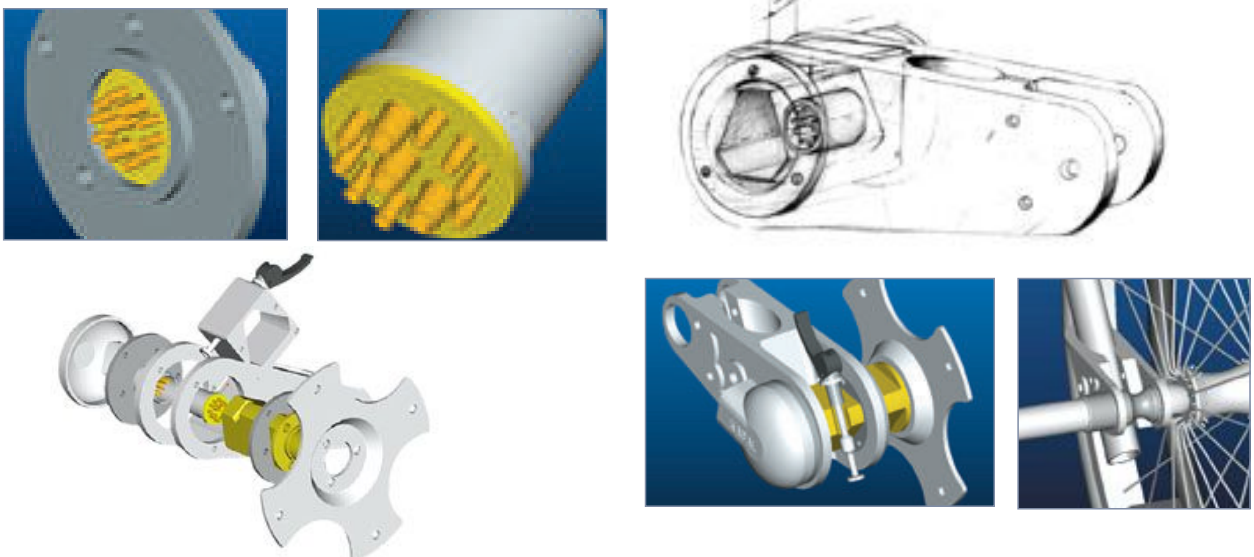
Este conector se utiliza en los apoyapiés, apoyabrazos, mangos de empuje y otras zonas específicas de la silla, permitiendo un ajuste muy fino y fácil para sus posiciones y alturas (según los requerimientos del usuario).



## Conector de rueda trasera

Otra de las piezas que permitió estructurar la plataforma fue el sistema diseñado en la zona de la rueda trasera. El diseño de una pletina especial para unir la rueda trasera con la estructura surge de la necesidad de responder a la inclusión para ciertos modelos del sistema de tracción eléctrica, que en este caso incorpora una tecnología que ubica el motor en la masa de las ruedas, y que pueda ser cambiado fácilmente por un sistema de tracción manual. Los requerimientos específicos son: anclar las ruedas a la estructura

en un solo movimiento, quedando sujetas con gran firmeza y posibilitando que el desmonte se realice de la misma forma que el anclaje; evitar que los cables que actualmente salen por un costado de la rueda queden visibles; e incluir una serie de piezas estándar y enchufes especiales que son adquiridos en forma externa. El diseño de esta pletina además contempla la inclusión de la rueda de tracción manual (bifuncionalidad).



## Conector zona delantera

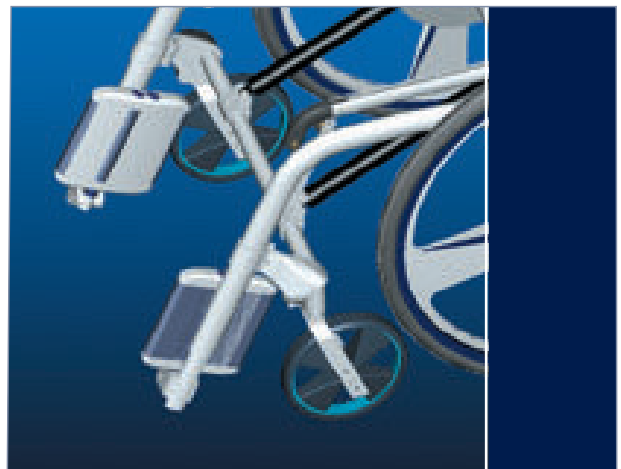
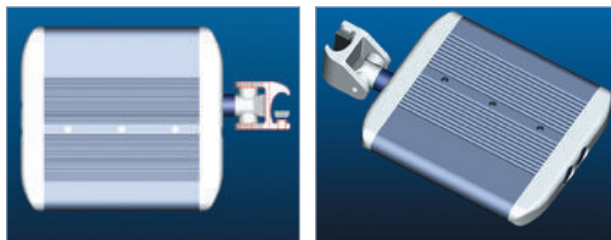
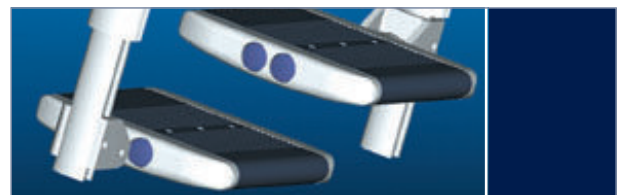
En la zona delantera se analizó en profundidad la posibilidad de eliminar la soldadura y unir en una sola pieza varias llegadas de elementos que estructuran la silla, soportan el sistema levante y conectan las ruedas delanteras. Mediante otro perfil de extrusión en aluminio trabajado en sus caras laterales se generó una pieza que hiciera factible estas intenciones. Se realizaron varias propuestas con estas características que fueron analizadas y testeadas

mediante el software Algor para optimizar su peso y su resistencia. La pieza resultante cumple con la funcionalidad para la que fue creada y se integra con las líneas de diseño de la silla completa. Se logra incorporar al conjunto total de la pieza un carácter visualmente tecnológico e innovador, cumpliendo con el resto de los requisitos planteados por la empresa.

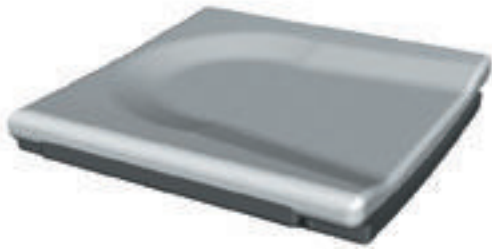


## Apoyapies

La elección del proceso de extrusión permitirá la fabricación de un apoyapies que puede ser utilizado en una o dos piezas, flexibilizando así las opciones para el usuario sin necesidad de fabricar piezas diferentes.



## Asiento

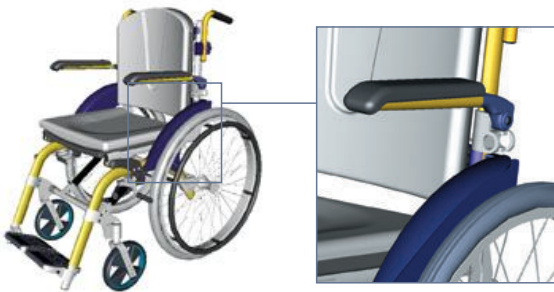


Se ha desarrollado una opción de asiento y respaldo de base rígida como alternativa al tradicional asiento de lona.

Este asiento y respaldo no solo ayudan a corregir la postura del usuario, proporcionando mayor comodidad y estabilidad; además, cuentan con un diseño especial para evitar escaras en las zonas críticas.

Cualquier alteración tanto en largo como en ancho y profundidad del asiento que no permite una postura adecuada desencadenará una falta de control sobre la misma y posible retracciones a futuro.

## Apoyabrazos y guardafangos

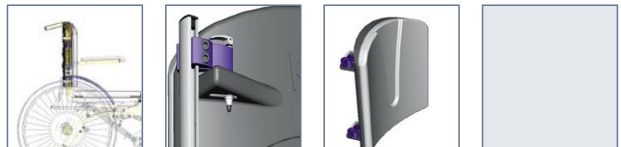


Los apoyabrazos son abatibles hacia atrás (acceso a mesas) y regulables en altura en forma independiente uno del otro. El conector de los apoyabrazos posee una perforación para la fijación de accesorios (bandeja, muleta, etc.). También existe la posibilidad de no incorporarlos y utilizar sólo los guardafango. Éstos son protecciones laterales que protegen al usuario de la rueda y del barro y están compuestos por dos piezas independientes: una protección lateral y una cubierta superior que puede servir de apoyo para manos y codos de no existir los apoyabrazos.

## Reclinación del respaldo

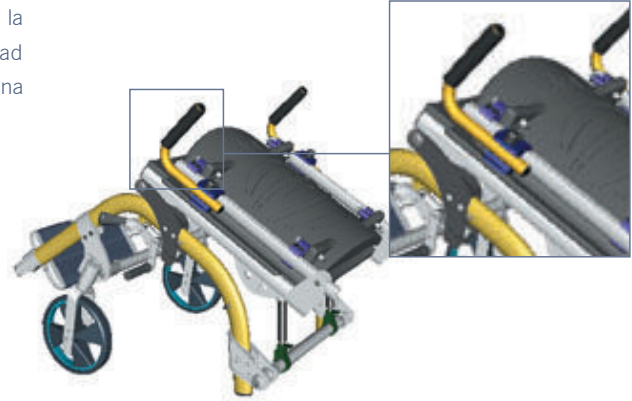


El sistema de reclinación permite ajustar el respaldo en distintas posiciones, mantenerlo en la posición correcta durante el levante y plegarlo completamente hacia delante para reducir volumen en el momento del transporte. La reclinación del respaldo tiene dos modos de regulación, una fina y una gruesa.



## Plegabilidad y transporte

Debido a la incorporación del sistema de levante a la estructura base, el sistema tradicional de plegado de tijera se cambió por el plegado del respaldo y el desmonte de las ruedas, que según la información de TELETÓN, cumple satisfactoriamente la cualidad de reducción del espacio para el transporte (por ejemplo, en una maleta de auto).

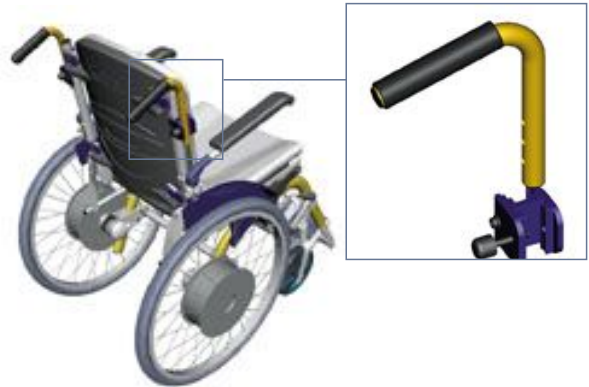


## Mangos de empuje

Se han desarrollado dos alternativas de mango de empuje: los independientes y el continuo (según requerimientos y gusto del usuario).

Los mangos independientes (izquierdo y derecho) pueden ser fijados a distintas alturas, en forma paralela o irregular según las necesidades y comodidad del acompañante.

El mango de empuje continuo se presenta como una unidad, pudiendo ajustarse la altura de fijación gracias a un sistema de riel en el perfil (ver conector multifuncional).



## Frenos

Inicialmente se ha incorporado un sistema tradicional de frenos; sin embargo, se prevé a futuro la incorporación de un sistema de frenos de balata o tambor, incorporados en la maza y accionados mediante un mecanismo hidráulico.

## Sistemas de sujeción - arnés



En una silla con levante se requiere de elementos de sujeción para el usuario (para estabilidad en la posición de pie). Es necesario incluir sistemas de arnés que se utilizan sólo al momento de accionar el levante y pueden ser retirados cuando se vuelve a la posición sedente.

Estas sujeciones son de tela y poseen mecanismos de ajustabilidad simples.

Las principales zonas de sujeción son:

- Pecho.
- Rodillas.
- Tobillos (por atrás).

## 03/ DIVERSIFICACIÓN

TRACCIÓN/ LEVANTE	Sin levante	Mecánico	Neumático	Electrico
SILLA MANUAL	1.MsL	2.MMc	3.MN	4.ME
SILLA ELECTRICA	5.EsL	6.EMc	7.EN	8.EE

Entrecruzando los tipos de tracción de la silla con los tipos de levante combinables (matriz de 2x4) se obtienen ocho tipos de productos diferentes.

El haber conceptualizado este producto con sistema de plataforma, permitió generar un chasis base a partir del cual se pueden incorporar componentes en la medida que el usuario los necesite o desee. La combinación de estos componentes sobre la base común dio como resultado una serie de sillas las cuales responden de diversas formas a las patologías existentes, a los niveles de autovalencia, a los rangos de precios de mercado y a las distintas tallas o medidas de los usuarios.

Las matrices de enfrentamiento permiten visualizar las posibilidades que ofrece el montaje de componentes sobre una estructura base, diversificando la respuesta a distintas patologías, tipos de usuarios y precios de mercado.

SILLA	PRECIO	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
		1 MsL	<input checked="" type="checkbox"/>		
2 MMc	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
3 MN		<input checked="" type="checkbox"/>			
4 ME		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5 EsL		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6 EMc			<input checked="" type="checkbox"/>		
7 EN			<input checked="" type="checkbox"/>		
8 EE				<input checked="" type="checkbox"/>	

Entrecruzando los ocho tipos de productos diferentes con los niveles de precio que puede tener una silla de ruedas (matriz de 8x4) se puede visualizar la adecuación de los distintos tipos de producto a toda la gama de precios de mercado.

SILLA	AUTO VALENCIA	Baja	Media	Alta	Muy Alta
		1 MsL		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 MMc				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 MN				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4 ME			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5 EsL		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6 EMc			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7 EN			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8 EE		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Entrecruzando los ocho tipos de productos diferentes con los niveles de autovalencia que puede tener un usuario de silla de ruedas (matriz de 8x4) se puede visualizar la adecuación de los distintos tipos de producto a toda la gama de usuarios.



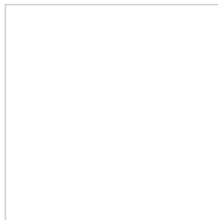
---

De las ocho variedades de sillas conformadas al combinar sólo las distintas formas de tracción con los sistemas de levante (bipedestación), los siguientes son los ejemplos más representativos (silla equipo completo, silla intermedia, silla básica):

#### Tracción manual / sin levante (MsL)

---

Silla de tracción manual pero sin levante, para personas con nivel de autovalencia bueno o medio. Como no posee sistema de levante, esta silla es la más básica, pero puede ser equipada con el tiempo, incorporándole sistema de levante, accesorios, tracción eléctrica, etc.



#### Tracción manual / levante neumático (MN)

---

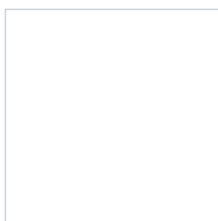
Silla de tracción manual y sistema de levante neumático, para personas con un grado de autovalencia intermedia que poseen la maniobrabilidad y la fuerza suficiente como para impulsar los aros de empuje de la rueda y realizar el push up que posibilita el levante.



#### Tracción eléctrica / levante eléctrico (EE)

---

Silla con sistema de levante y tracción eléctricos, para personas con bajo grado de autovalencia.





# III·RESULTADOS



## 01/ PRODUCTO FINAL

Gracias al exhaustivo estudio realizado, al trabajo interdisciplinario y a las decisiones de diseño e ingeniería, los resultados obtenidos en el caso de estudio de una silla de ruedas cumplieron con los estándares de diseño y tecnología planteados por el mercado global al cual se pretende llegar y, además, superaron las expectativas generadas en cuanto a innovación y calidad a nivel regional. La familia de sillas de ruedas ofrece varias alternativas de combinaciones de componentes, partes y colores, que pretenden satisfacer las demandas de un mayor número de personas.

Este producto, que abarcó los requerimientos de las instituciones de rehabilitación, respondió a la problemática real de una PYME en específico y fue desarrollado mediante la metodología de diseño concurrente, demostrando que esta metodología de trabajo permite acortar los tiempos de desarrollo y llegar a mejores resultados.

Finalmente no hay que olvidar que la aplicación de tecnologías y metodologías al servicio de la innovación tiene como fin básico no sólo satisfacer los requerimientos de una empresa (demostrar resultados, acortar tiempos, bajar costos, etc.), sino, por sobre todo satisfacer a un usuario real con problemas reales, quien se transforma así en el gran beneficiado.



## MODELOS

### Posición tradicional



### Opción color



Modo levante



Para niños



## III-ABSTRACT

# CASE ONE WHEELCHAIR



As the project seeks to support and strengthen the PYME sector by implementing Concurrent Design as a tool for both increasing competitiveness and adding value to product management, it was decided to develop a family of wheelchairs for manufacture by KABAL.

This is a high-potential market niche at the national, regional, and global levels, with great social, productive, and business significance, and this project can help raise an offer more in agreement with the needs of final users.

It is estimated that the worldwide number of disabled children will increase by a 47% over the next thirty years. In our country, according to information provided by TELETON, 1% of the 80,000 children born every year have some kind of malformation. Moreover, 56,000 people between zero and eighteen years of age have some degree of physical impairment or handicap.

In Chile, KABAL, a medium-sized company, has been producing technical aids for the disabled since 1995. It manufactures 8,500 wheelchairs per year, out of which it exports 6,500 units

to markets including the European Union. Consequently, Kabal has the experience and capacity necessary for reaching highly competitive markets.

On a global basis, the main wheelchair producer is Otto Bock, a German company that manufactures 800,000 units per year and sells them throughout the world. Considering that this product is one of the most universally used mobility solutions for disabled people, the specific market at the worldwide level is composed of approximately 126 million potential users. Otto Bock covers less than one per cent (0.63) of the demand, a figure that shows the extreme attractiveness of the world market.

## Objetives

The objective of this project is to develop a family of wheelchairs offering solutions to ordinary users as well as to those usually not contemplated due to the complexity of their pathologies –i.e., wheelchairs suiting the greatest possible variety of users, pathologies, and needs, which at present are not available at domestic rehabilitation centers.

Another central aim is to have this family of wheelchairs meet the technological and quality standards existing in the most refined markets, by using the concurrent timesaving and result-improvement methodology, which would allow KABAL to compete

on an equal footing in the most exacting markets of Europe, Asia, and the United States.

The project is also intended to be a reliable point of reference contributing solutions to both users and manufacturers. The wheelchair should be a technical aid that adjusts to the user, and not the other way around. It should help avoid unnecessary effort, postural deformations, and even prevent accidents by properly meeting the user's particular needs.

### Participants •

For the execution of this project, a multidisciplinary work team was formed with rehabilitation, design, and production specialists, which permitted to fully implement the Concurrent Development model.

The organizations directly participating in this project included Instituto TELETÓN, ACHS (Asociación Chilena de Seguridad), FONADIS (Fondo Nacional de la Discapacidad), and the small/medium-sized companies, SHYF CERRILLOS, PROTEMA, and primarily KABAL, through its CEO, Mr. Henri Baldan. The activities of all of these entities were coordinated by the FDI Project Developers -two Mechanical Engineers and two Industrial Designers from DuocUC's CDDI reporting to the Project Leader.

From the outset, this variety of participants constituted a permanent research and development critical rank and file that generated a common language between producers, designers, therapists, doctors, and engineers, thereby making possible the exchange and application of all knowledge gathered in the merging of product design and development.

Furthermore, foreign associates - Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas (CEAPAT), from Spain; Design Innovation (DI), from Italy; and Centro de Innovación y Desarrollo de la Universidad de Girona (CID), from Spain - followed the whole execution of the project from abroad and made field trips, contributing highly useful research and development information. This stage also incorporated three DuocUC Industrial Design students who prepared their Degree Projects by collaborating with the FDI team in the development of specific topics concerning this part of the project and interacting directly with each of the above-mentioned participating organizations. As a result, the students gained ample expertise in the development and execution of Design and Innovation projects at the professional level.

### Process •

During the initial stage of the project, the developer team conducted an exhaustive compilation of background information relative to the operating environment and the functioning of wheelchairs.

This involved collecting a great quantity of bibliographic material, conducting a wheelchair state-of-the-art technology and production analysis, and coordinating regular work- and research-oriented meetings with the various organizations participating in the project. Thus, all related information was acquired, and the basic requirements for the development of this product were set down and then organized in a document titled Product Brief. In order to facilitate the understanding and structured illustration of this brief, the requirements were segregated by topic and a graphic

outline of each requirement was drawn. This permitted to have a global outlook of the whole framework and the general regulations of the project. This framework, which encompasses the whole scope of action of the developers, was called Logic Chart.

After structuring the requirements, it was possible to prepare a detailed product profile including each of the characteristics desired by the producer, reinforced by observations made by the rehabilitation professionals.





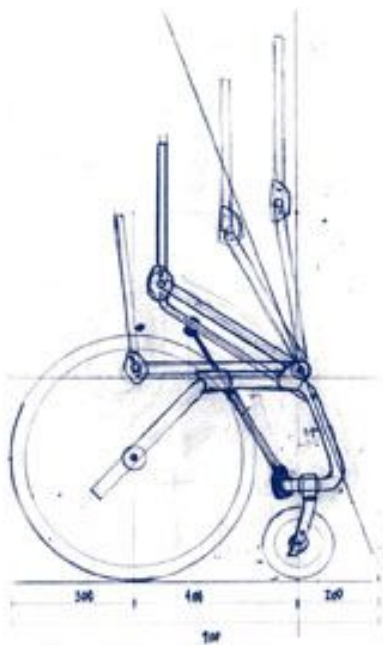
Based on the configuration of the restrictions and possibilities of the wheelchair, and the compilation of the whole context, the concept was conceptualized by means of a number of exploration proposals meeting these preestablished concepts.

Before implementing these proposals, it was decided to figure out large sections of the wheelchair (e.g., seat, footrest, back wheels, etc.) whose design and engineering phases could be developed simultaneously without interfering with each other's in-depth analysis time.

This permitted to develop the whole product from a base or chassis, which involved creating a common wheelchair base or platform on which surface changes would be made in order to tailor the chair to the expectations and needs of both users and points of sale.

The combination of these components on the common platform resulted in a series of wheelchair responding in different ways to the existing pathologies, degrees of autonomy, market price ranges and, in general, the requirements of each buyer. Consequently, the product can be said to genuinely adapt to each user. This will permit to reduce the number of frames, parts, and dimensions to be dealt with in the manufacturing phase, thereby achieving more delimited inventory, specified on a basic model. Since one of the formulated requirements most valued by the company was the minimization of the welding process, the research was obviously oriented toward the development of fastening systems, which in turn would permit to meet another very important preestablished requirement – increasing the modularity of the whole wheelchair in order to make it scalable to the user's size.

Each fastening and connecting system was developed after studying the most appropriate materials and procedures and taking into consideration other preestablished requirements such as strength, aesthetic effect, lightness, technical-productive feasibility, etc. These pieces were developed on the Pro/Engineer 200i2 platform and tested using Algor. Finally, the entire assembly was analyzed using Pro/Motion.



Another one of the most important characteristics of the models developed is that they are equipped with a system that permits to take the user from a sitting to a standing position. The research conducted on lifting systems included a high level of study of mechanical and industrial design principles, for which reason the designer/engineer was essential in determining the system proposed for the development of this wheelchair.

This collective work of designers, engineers, and the producer, permitted to shorten piece design times, considering the needs previously stated by users and specified by therapists, such as taking into account the adjustment of the dimensions of the wheelchair to the user's size, and at the same time considering safety, clinical adaptability, folding up, portability, aesthetics, price, compatibility with other makes, ease of use, adjustment, durability,

ease of maintenance, adjustment to the surroundings and conditions of use, etc.

The resulting wheelchair incorporates a simple, common language to the driving of all required components and systems according to the needs gathered, facilitating its use, lessening its total weight, and increasing the user's mobility by permitting him or her to move from a sitting to a standing position, using all the available leading-edge tools, improving the user's comfort, providing a variety of affordable options, and generating the chance to magnify a Chilean small/medium-sized company's production by enabling it to offer new alternatives in the most competitive markets.

## RESULTS

Because of the exhaustive context, interdisciplinary work, and design/engineering decision research conducted, the wheelchair development project succeeded both in meeting the design and technology standards posed by the global market that the producer expects to penetrate, and in exceeding the innovation and quality expectations at the regional level.

The family of wheelchairs offers several alternatives for combination of components, parts, and colors aimed at meeting the demands of a greater number of people.

This product that encompasses the requirements of rehabilitation centers, responded to the actual context of a particular PYME, and was developed using Concurrent Design, and proved that this methodology permits to shorten development times and achieve better results.

Let us not forget that the primary purpose of the implementation of technologies and methodologies in the service of innovation is not only to satisfy a company, demonstrate results, shorten times, reduce costs, etc., but above all satisfy a particular user with real problems, who becomes the great beneficiary.

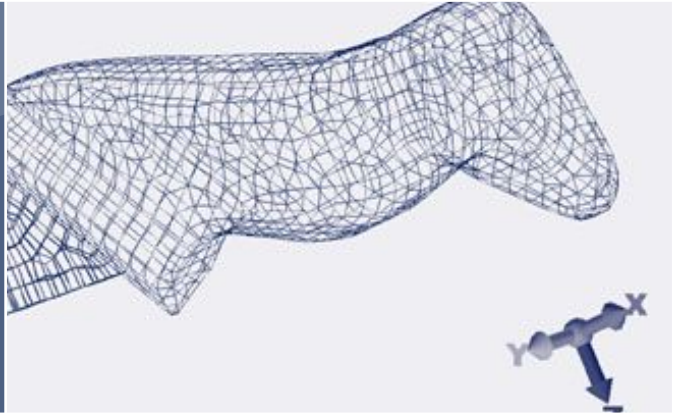




# CASO DE ESTUDIO · HERRAMIENTAS ERGONÓMICAS

Ergonomic tools

02





## INDICE

<b>I-CONTEXTO</b>	<b>P. 68</b>
01/ Objetivos	P.69
02/ Participantes	P.69
03/ Apoyo metodológico	P.71
03.1/ Metodología de 11 puntos, Ergonomi Design Gruppen	
03.2/ Estudio antropométrico de la población chilena, ACHS	
04/ Apoyo tecnológico	P.72
04.1/ Prototipos digitales (Pro/Engineer / SolidEdge)	
04.2/ Testeo estructural - Análisis de elemento finito (ALGOR)	
04.3/ Escáner palpador	
04.4/ Fresado de prototipos	
<b>II-DESARROLLO</b>	<b>P. 74</b>
01/ Herramientas de fileteado y faenado	P.74
01.1/ Proceso	
01.2/ Resultados	
02/ Herramientas de jardinería	P.80
02.1/ Elección del tema	
02.2/ Objetivo	
02.3/ Proceso	
02.4/ Resultados	
<b>III-ABSTRACT</b>	<b>P. 84</b>
01/ Context	P.84
02/ Development	P.85

# I.CONTEXTO



Las herramientas ergonómicas manuales y manuales motrices son ayudas técnicas destinadas a prevenir o corregir las disfunciones dolorosas de extremidades superiores (DDES).

Las disfunciones causadas por esfuerzos repetitivos constituyen una categoría de lesiones que deriva de la realización reiterada de una tarea que produce estrés o fatiga en determinadas partes del cuerpo, y que causa daños en nervios, músculos, tendones y otros tejidos blandos. En este tipo de problemas se incluyen más de cien variedades de lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, algunas de las cuales son tan graves que pueden requere-

rir una intervención quirúrgica o producir discapacidad permanente. Las lesiones en la mano pueden ocurrir por varias razones: uso de fuerza excesiva, uso inapropiado de la mano y del brazo demasiado frecuente, y contracción de los músculos por demasiado tiempo. Las lesiones provenientes de trabajos manuales mecánicos pueden ser reducidas a través del uso correcto de instrumentos bien diseñados. El diseño no puede intervenir en la forma en que la persona utiliza una herramienta, sin embargo, sí puede perfeccionar el diseño de ésta e inducir a su buen uso.

## Trabajos en los que se presentan DDES

Los problemas originados por síndromes dolorosos músculo-esqueléticos de extremidades superiores se han vuelto cada vez más comunes.

De acuerdo con los antecedentes y la experiencia acumulada en el Departamento de Ergonomía de la ACHS<sup>29</sup>, entre los trabajos manuales en que se presentan con mayor frecuencia lesiones de la extremidad superior se encuentran las actividades de **fileteado y faenado de pescados, vacuno, cerdos, etc.** Ello se debe a que estas actividades requieren movimientos repetitivos y grandes esfuerzos musculares en condiciones adversas (humedad, frío, etc).

**Ergonomía:** Ciencia que estudia la capacidad y la psicología del hombre en relación con su trabajo y la maquinaria o equipo que maneja, y trata de mejorar las condiciones que se establecen entre ellos<sup>30</sup>.

**Antropometría:** Ciencia que se refiere a la medición de la composición, tipo y proporciones del cuerpo humano, a diferentes edades y en distintos grados de nutrición y entrenamiento<sup>31</sup>.

<sup>29</sup> [www.achs.cl](http://www.achs.cl)

<sup>30</sup> [www.elmundo.es/diccionarios](http://www.elmundo.es/diccionarios)

<sup>31</sup> [www.efsi.iteso.mx/salud/Nutrici\\_n/Antropometria/antropometria.html](http://www.efsi.iteso.mx/salud/Nutrici_n/Antropometria/antropometria.html)

## 01/ OBJETIVOS

En esta área del proyecto se presentará un set de herramientas ergonómicas para trabajos de fileteado y faenado (pescados, vacuno, cerdos, etc.) que, a través del diseño, ayuden a los usuarios a disminuir el riesgo de lesión y a desempeñar de manera

más cómoda y eficiente su trabajo. De esta forma, no sólo se estará aumentando la productividad de miles de trabajadores y disminuyendo el ausentismo laboral, sino que se estará también contribuyendo al crecimiento del país.

### Los objetivos generales de este set de productos son los siguientes:

- Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores y pago de licencias.
- Aumento de la producción.
- Mejoramiento de la calidad del trabajo.
- Disminución del ausentismo laboral.
- Disminución del cansancio físico y psicológico.
- Mejoramiento de la calidad del producto que se trabaja (mejores cortes).
- Mejoramiento del manejo de herramientas para fileteado y faenado.
- Mejoramiento de la duración y calidad de los cuchillos.
- Diseño de herramientas orientadas a un destinatario específico, ya sea un trabajador a nivel industrial (carne o pescado), un trabajador de caleta (pescado), un trabajador en una carnicería (carne), u otros.
- Mejoramiento de la relación producto-usuario (herramienta-mano).

- Las herramientas ergonómicamente diseñadas ayudan a aplicar la fuerza del músculo donde se necesita.
- Las herramientas ergonómicamente diseñadas no provocan fatiga.
- Las herramientas ergonómicamente diseñadas reducen el riesgo de lesión directa y minimizan el riesgo de lesión a largo plazo.

## 02/ PARTICIPANTES

### Alumnos, profesores y sedes de DuocUC

En el desarrollo de este caso de estudio participaron alumnos de distintos niveles de la carrera de Diseño Industrial de las sedes DuocUC de Concepción<sup>32</sup>, Santiago<sup>33</sup> y Viña del Mar<sup>34</sup>, dirigidos por sus respectivos profesores y directores de carrera. Esta oportunidad de trabajo transversal entre distintas sedes y con distintos equipos fue aprovechada para generar sinergia y así potenciar las capacidades de cada uno de ellos con el fin de lograr mejores resultados en un plazo menor. Se realizaron reuniones bisemanales a través de videoconferencias, en las cuales cada equipo informó sobre sus avances, dudas, necesidades, lo que generó así un espacio de discusión y de colaboración continuo.



Además, se contó con un área común en un servidor de DuocUC para compartir información (fotografías, archivos, resultados, etc.), y con visitas periódicas del equipo del proyecto FDI a las sedes correspondientes.

<sup>32</sup> DuocUC Sede Concepción - [www.duoc.cl/sede/conc/index.htm](http://www.duoc.cl/sede/conc/index.htm)  
Director de la carrera Diseño Industrial: Cristián Jaramillo.

<sup>33</sup> DuocUC Sede Antonio Varas - [www.duoc.cl/sede/avar/index.htm](http://www.duoc.cl/sede/avar/index.htm)  
Director de la carrera Diseño Industrial: Javier Traslaviña.

<sup>34</sup> DuocUC Sede Viña del Mar - [www.duoc.cl/sede/vina/index.htm](http://www.duoc.cl/sede/vina/index.htm)  
Director de la carrera Diseño Industrial: Germán Espinoza.

## Equipo principal Proyecto FDI

---

Todo el desarrollo de este caso de estudio fue guiado y coordinado constantemente por el equipo del proyecto FDI en el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado (CDDI), en Santiago, el cual otorgó el apoyo metodológico e informativo en las diversas fases de desarrollo.

## Departamento de Ergonomía ACHS, Asociación Chilena de Seguridad

---

[www.achs.cl](http://www.achs.cl)

La ACHS participó y colaboró directamente con el desarrollo de este caso de estudio, a través del Departamento de Ergonomía y específicamente a través del ingeniero ergónomo, Víctor Córdova, quien evaluó las propuestas preliminares y orientó el proceso.

## Empresas del rubro

---

El contacto con empresas del rubro fue fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que permitió a los equipos realizar estudios en el mismo terreno en que las empresas faenan sus alimentos, y así conocer a fondo el contexto de uso y al usuario. El contacto se realizó con empresas de distintas áreas (fileteado y faenado industrial, carnicerías, pesqueras, caletas artesanales, etc.). Algunas de ellas son: Procesadora de carnes CELME, pesquera MAR PROFUNDO, caleta CHOME, ASIPES, SODEXHO, etc.

## CEAPAT (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, España)

---

[www.ceapat.org](http://www.ceapat.org)

El CEAPAT está dedicado expresamente a potenciar la accesibilidad integral y el desarrollo de la tecnología. Promueve la optimización de las ayudas técnicas y el diseño para todos, con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente de las personas mayores y de discapacitados.

El CEAPAT colaboró con el desarrollo de estos estudios a través del investigador de mercados, José Vidal García, quien en una visita a DuocUC, participó en una corrección con los alumnos que trabajaban en el proyecto y dictó una charla en la cual explicó y enfatizó la importancia del concepto de "Diseño para todos".

## PROTEMA

---

[www.tic-protema.ltda.cl/protema.html](http://www.tic-protema.ltda.cl/protema.html)

La empresa PROTEMA participó en este caso de estudio a través de su gerente general, Eduardo Cid, quien prestó su experiencia en el área productiva y, además, indujo y motivó el posterior desarrollo de herramientas de jardinería para la tercera edad.

03.1/ Metodología de 11 puntos, Ergonomi Design Gruppen



Para facilitar el desarrollo del trabajo de los alumnos, durante este proceso se utilizó la metodología de trabajo paso a paso (The 11 point programme) de Ergonomi Design Gruppen<sup>35</sup> de Suecia para el desarrollo de herramientas ergonómicas manuales **BAHCO** (disponible en [www.bahco.com](http://www.bahco.com)). El programa de once puntos (1) es el primer programa científico del mundo para el desarrollo de herramientas ergonómicas manuales. Esta metodología explica y detalla los once puntos más importantes que deben ser considerados en el diseño de herramientas ergonómicas de cualquier tipo, las preguntas que debe formularse el equipo de desarrollo para abarcar todas las variables involucradas, y las consideraciones generales que es necesario tener en cuenta para reducir el riesgo de lesión (2) y facilitar el trabajo del usuario (3).

**1/ Programa de 11 puntos**

1. Especificaciones preliminares.
2. Estudio de mercado.
3. Investigación.
4. Diseño del prototipo.
5. Pruebas de campo con usuarios N°1.
6. Evaluación del prototipo y modificaciones.
7. Pruebas de campo con usuarios N°2.
8. Modificaciones finales de diseño.
9. Especificaciones técnico-productivas del producto.
10. Pruebas de campo con usuarios N°3. Preparación para el lanzamiento al mercado.
11. Seguimiento: Cinco años después, ¿qué piensan los usuarios?.

**Ergonomi Design Gruppen**

**2/ Para reducir el riesgo de lesión, una buena herramienta manual debe:**

- No tener ningún borde afilado en el asa.
- Minimizar el desgaste en la piel.
- Reducir el riesgo al permitir ser tomada desde puntos firmes.
- Oponer cierta resistencia a resbalarse.
- Tener el peso óptimo para su propósito.
- Tener una zona de contacto con el usuario que lo proteja de temperaturas calientes y frías .
- Minimizar el aumento de tensión muscular durante los trabajos largos.
- Distribuir la presión ejercida por la herramienta en la mayor cantidad de puntos (zonas) de la mano.
- Entregar el mejor rendimiento con el menor esfuerzo posible.
- Vibrar lo menos que sea posible.
- Estar perfectamente equilibrada.

**Ergonomi Design Gruppen**

**3/ Para facilitar el trabajo del usuario una buena herramienta manual debe:**

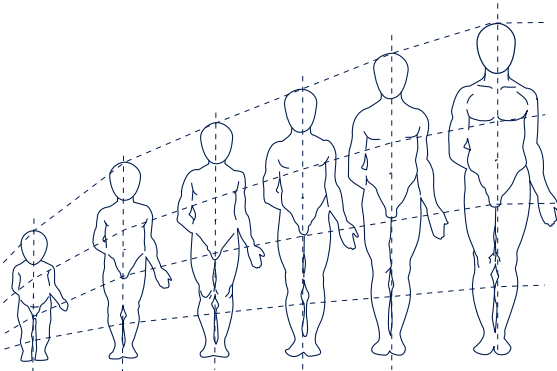
- Ser de tamaño y diseño correcto para su objetivo.
- Inducir al usuario a la posición correcta de manipulación debido a su forma.
- En lo posible, no cambiar la posición correcta de manipulación al momento de realizar ajustes en la herramienta.
- Ajustarse a todos los tipos y formas de cortes y acciones que sean necesarios
- Ser diseñada para el uso con ambas manos, si se requiere.
- Ser fácil de sostener, considerando la fricción necesaria para un buen agarre y sin que dañe la piel.
- Estar disponible en tamaños diferentes según cada tarea específica permitir un buen agarre, a pesar del aceite, la grasa, los guantes, etc.

**Ergonomi Design Gruppen**

<sup>35</sup> Ergonomi Design Gruppen  
[www.ergodesign.se/ergonomidesign.html](http://www.ergodesign.se/ergonomidesign.html) - [info@ergonomidesign.com](mailto:info@ergonomidesign.com)

## 03.2/ Estudio antropométrico de la población chilena, ACHS •

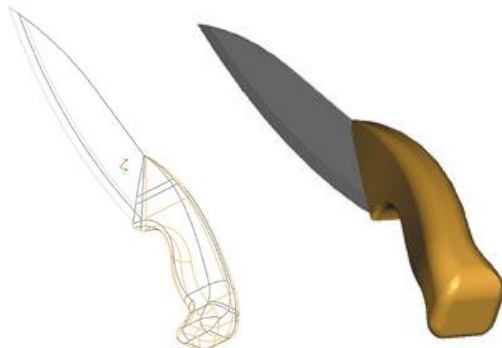
www.achs.cl



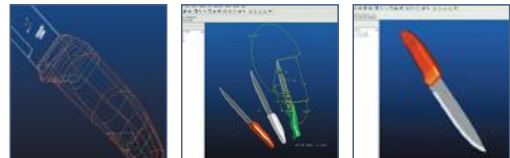
Para el desarrollo de este caso, se contó con un estudio antropométrico de la población chilena, proporcionado por ACHS, (Asociación Chilena de seguridad). Los documentos antropométricos tradicionalmente utilizados en el desarrollo de productos se basan en información extranjera (normalmente europea o norteamericana) muy distinta a la realidad nacional. Por esta razón, el apoyo de la ACHS fue de vital importancia al permitir a los equipos de desarrollo contar con parámetros actuales y acordes a la realidad nacional en relación de las medidas de las manos, brazos, dedos de los posibles usuarios locales.

## 04/ APOYO TECNOLÓGICO

### 04.1/ Prototipos digitales (Pro/Engineer - SolidEdge) •

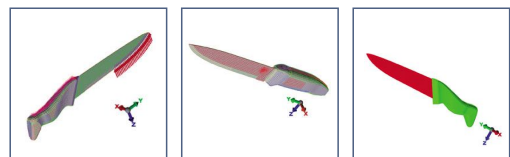


Se desarrollaron prototipos digitales de las distintas propuestas para visualizar cada una de ellas en un corto plazo. Estos prototipos digitales se desarrollaron principalmente con los software Pro/Engineer y SolidEdge.



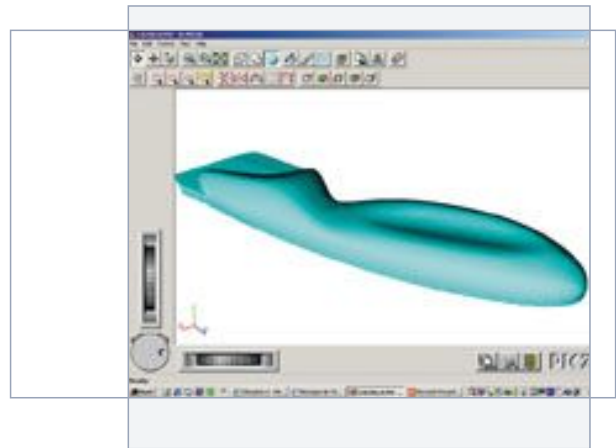
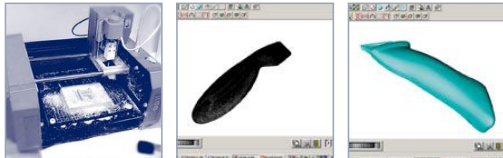
### 04.2/ Testeo estructural, análisis de elemento finito (ALGOR) •

Los prototipos digitales fueron sometidos a análisis de elemento finito a través del software Algor. Este permitió simular los posibles eventos mecánicos estructurales y dinámicos a los que se someten las herramientas para así predecir el comportamiento de los productos, las asas y las hojas en condiciones reales.



### 04.3/ Escáner palpador

El escáner palpador adquirido para el proyecto permitió digitalizar prototipos físicos para luego hacerles las modificaciones de diseño pertinentes directamente en un software paramétrico (Pro/Engineer, SolidEdge).



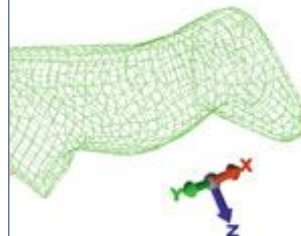
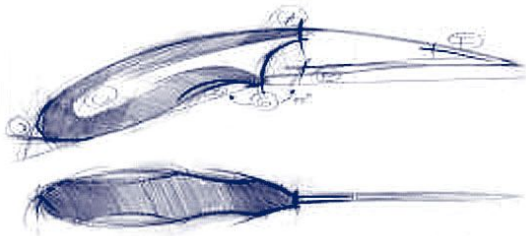
### 04.4/ Fresado de prototipos

La fresa de prototipado rápido permitió reproducir los prototipos digitales (ya sea simulados directamente en un software como Pro/Engineer o SolidEdge, o físicos iniciales escaneados con el palpador) en diversos materiales y con alta precisión en corto tiempo.





## II·DESARROLLO



### 01/ HERRAMIENTAS DE FILETEADO Y FAENADO

El desarrollo de este caso de estudio se llevó a cabo en dos fases (primer y segundo semestre del año 2001), las cuales fueron realizadas por alumnos de la carrera de Diseño Industrial de DuocUC de distintos niveles (tercer y sexto semestre de estudio) y de distintas sedes, para cada una de las cuales se habían determinado objetivos diferentes.

## Fase 1

La primera fase (primer semestre del 2001) fue desarrollada por alumnos de tercer semestre de Diseño Industrial de las Sedes DuocUC de Concepción y Viña del Mar, guiados directamente por los profesores Samuel Soto y Catherine Pérez en Concepción y Marcelo Vargas en Viña del Mar, y apoyados y orientados por el equipo principal del proyecto FDI.

El trabajo de esta fase se basó en la Metodología de 11 puntos del Ergonomi Design Gruppen, pero, por tratarse de un desarrollo preliminar a nivel de estudiantes de tercer semestre, este se realizó sólo hasta el octavo punto (modificaciones finales de diseño) y se hizo un estudio básico del noveno (especificaciones técnico-productivas del producto).

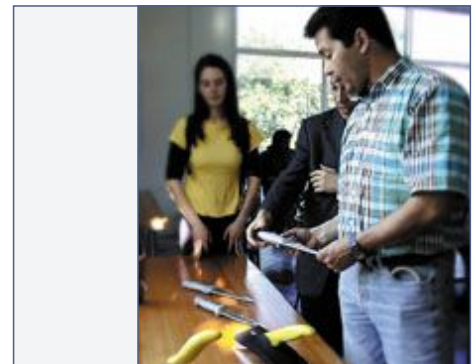
El énfasis de esta primera fase se centró en el trabajo de investigación, el desarrollo conceptual y el desarrollo formal innovativo y exploratorio.



## Fase 2

La segunda fase (segundo semestre del 2001) fue desarrollada por alumnos de sexto semestre de Diseño Industrial de la Sede DuocUC de Antonio Varas quienes, guiados por el profesor Javier Lorca y apoyados y orientados por el equipo principal del proyecto FDI, se sumaron a este proceso de desarrollo.

El trabajo de esta fase consistió en analizar y evaluar las propuestas desarrolladas en la fase anterior, con su correspondiente alfabetización en el tema. Sobre esta base se desarrollaron nuevas propuestas y modificaciones a las anteriores hasta llegar a resultados a nivel precompetitivo y preproductivo, abarcando así los 11 puntos de la metodología del Ergonomi Design Gruppen.



## 01.1/ Proceso

---



El proceso comprendió varias etapas (basadas principalmente en la Metodología de 11 puntos del Ergonomi Design Gruppen y en la Guía para el diseño y desarrollo de productos utilizando diseño concurrente) en las cuales se contó con el apoyo constante de los expertos asociados al proyecto FDI - instituciones, empresas productivas, etc. - y de personas interesadas y relacionadas al rubro del fileteado y faenado, así como al de la ergonomía y la prevención de lesiones laborales.

### Proceso analítico

---



En un comienzo, el proceso de desarrollo puso el énfasis en el análisis del contexto sobre el cual se trabajaría. Para iniciar el proceso de diseño en cualquier área, es necesario conocer al usuario y su trabajo específico (en este caso fileteado y faenado), con todos sus requerimientos, restricciones y variables. Es por esto que el contacto con empresas del rubro que tuvieron los equipos desarrolladores, tanto en Concepción como en Viña del Mar y Santiago, fue fundamental para conocer en terreno no sólo las opiniones de los usuarios, sino también los movimientos que realizan, sus posiciones, tipos de herramientas que utilizan, condiciones ambientales en que se encuentran, cortes que deben hacer, etc.

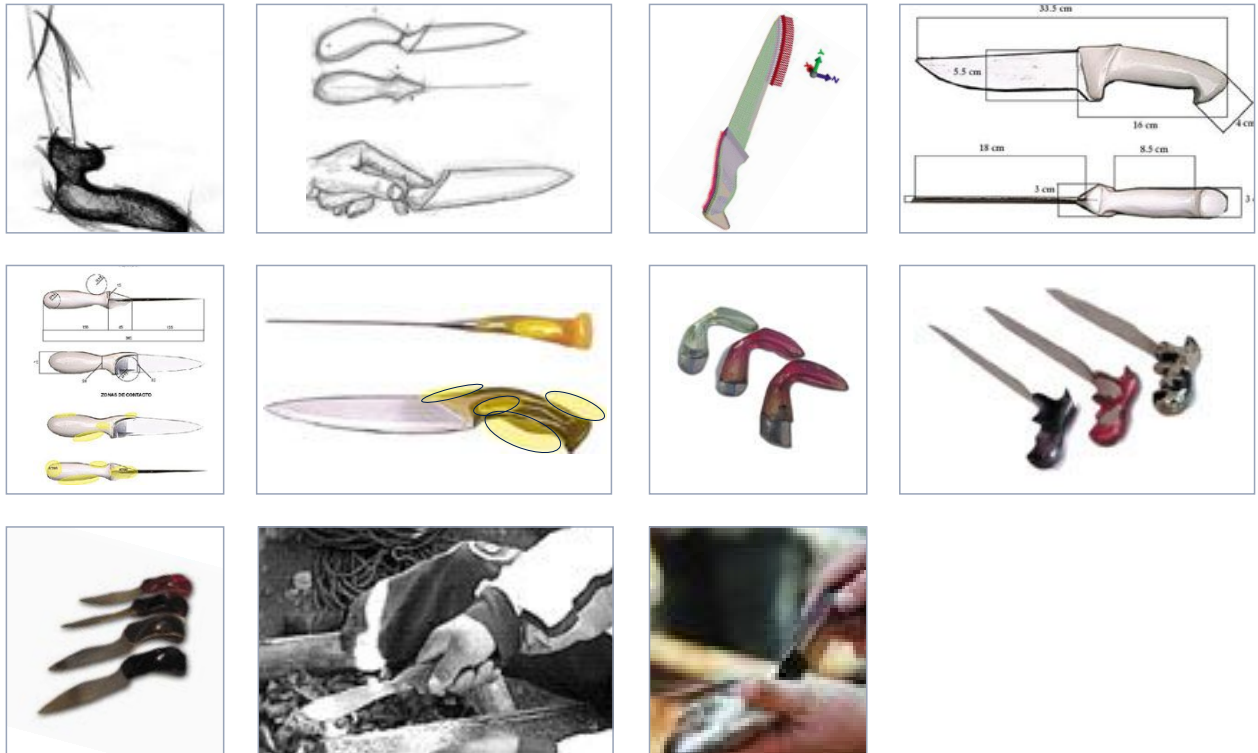
Paralelamente, fue necesario conocer las patologías asociadas a las lesiones por movimientos repetitivos (bursitis, tenosinovitis, tendinitis, epicondilitis, deformaciones articulares, etc.), sus causas y las maneras de evitarlas. Este estudio fue necesario para poder diseñar herramientas que realmente eviten las malas posiciones y malos usos y que disminuyan las lesiones asociadas.

## Proceso de diseño detallado

Posterior al proceso de análisis, se inició el de diseño, el cual comenzó con el desarrollo conceptual basado en el análisis realizado, y con el apoyo y asesoría de expertos en ergonomía. De este modo, las propuestas fueron evolucionando formalmente, lo que en cada fase se acompañó de prototipos experimentales que fueron testeados en pruebas de campo con usuarios. Estas pruebas permitieron ir modificando los prototipos iniciales hasta llegar a herramientas que no sólo cumplieran con las observaciones ergonómicas o médicas, sino que también en la práctica fueran funcionales para el usuario.

En forma paralela a este desarrollo formal, se realizó el técnico productivo correspondiente, en el cual se analizaron propuestas de materiales, de procesos y factibilidad de producción, especificaciones detalladas de diseño, análisis de comportamiento estructural, etc.

De esta forma, al término del proceso de diseño (después de ambas fases), se contó con un set de propuestas en fase pre-competitiva y preproductiva.

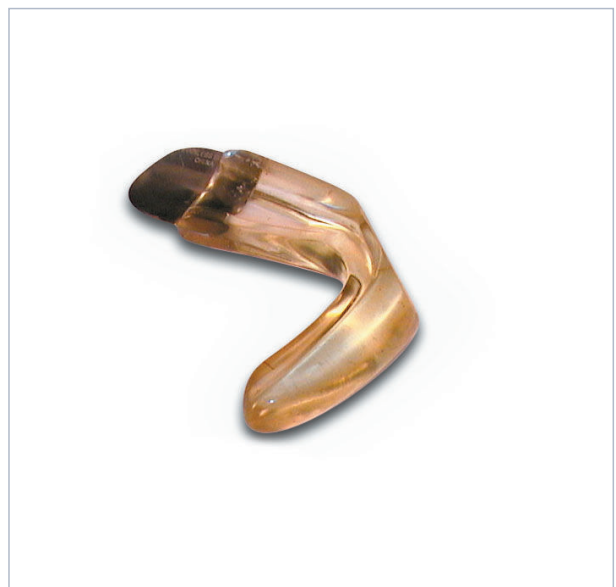
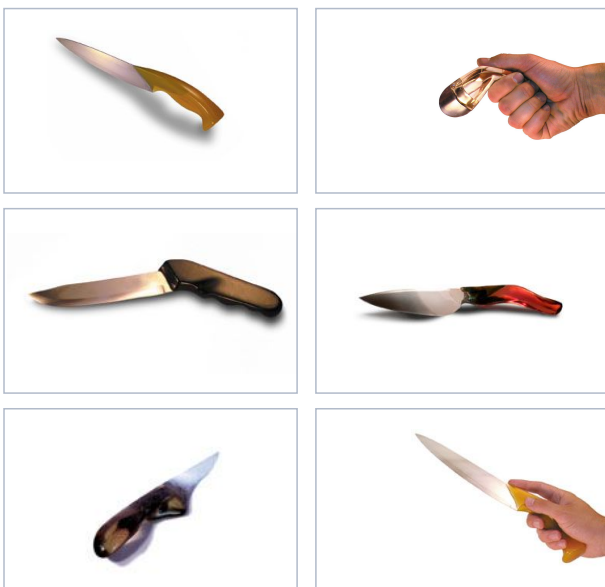
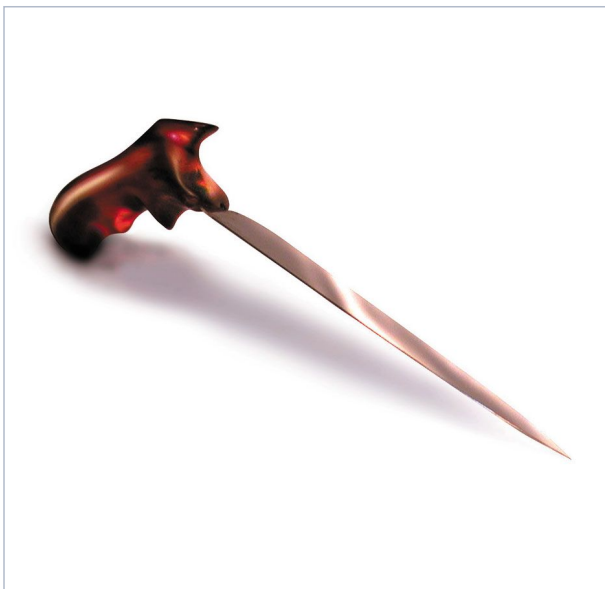


## 01.2/ Resultados

Como resultado de ambas fases se obtuvo un set de prototipos físicos y digitales en distintos niveles de desarrollo (según la fase y los objetivos planteados para cada una), para cuya comercialización y producción no existe una empresa directamente asociada. No obstante, tanto el proceso de desarrollo como sus resultados se encuentran disponibles para la producción y comercialización de futuros nuevos interesados contactar en el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado de DuocUC (CDDI).

### Resultados fase 1

La fase 1 terminó con un set de prototipos físicos (aproximadamente cincuenta construidos principalmente en resina y madera), los cuales tienen un fuerte componente experimental, propositivo y conceptual. Estos prototipos fueron testeados en sus respectivos rubros (pesca artesanal, pesca industrial, carnicerías, matadero, etc.) lo que permitió conocer el comportamiento y la aceptación de los usuarios frente a las nuevas herramientas antes de definir el resultado final.

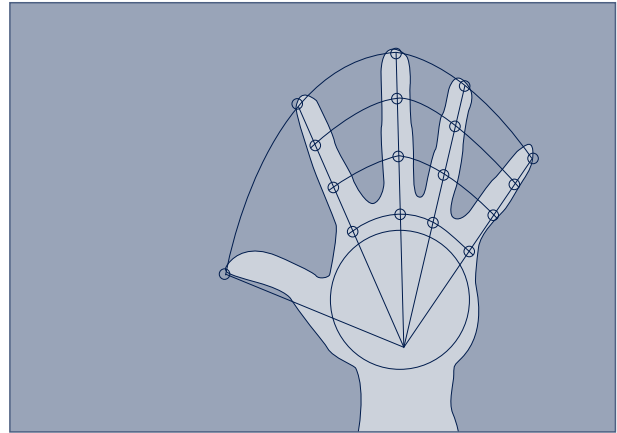


## Resultados fase 2

La fase 2 terminó con un set de prototipos físicos (aproximadamente treinta construidos principalmente en resina y madera) y digitales (utilización de Pro/Engineer y SolidEdge), los cuales se encuentran en un nivel de desarrollo precompetitivo y preproductivo. Al igual que los prototipos de la fase anterior, éstos fueron testeados en sus respectivos rubros. También fue estudiada su propuesta en cuanto a materiales y procesos productivos, así co-

mo en su comportamiento ergonómico y estructural en relación a esfuerzos (análisis de elemento finito a través de Algor), etc., lo que los deja en la etapa inmediatamente anterior a un desarrollo comercial y productivo final.





Como una externalidad del desarrollo de herramientas ergonómicas para fileteado y faenado, surgió, por parte de la empresa PROTEMA y el equipo principal del proyecto FDI, el interés por desarrollar herramientas ergonómicas de jardinería para la tercera edad. Este proyecto no estaba originalmente planificado por el FDI, pero, por tratarse de un tema relacionado, de alto atractivo e importante potencial de mercado, se incluyó como área de estudio. Este tema fue abordado durante el segundo semestre del 2001 por el Taller de sexto semestre de Diseño Industrial DuocUC, sede Antonio Varas, a cargo del profesor Javier Lorca.

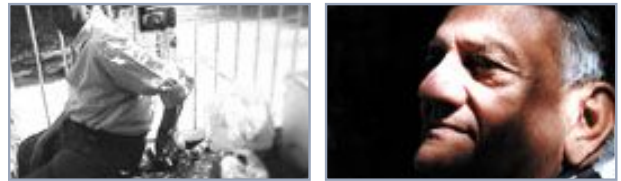


## 02.1/ Elección del tema

Los notables cambios demográficos verificados en Chile, en especial el descenso brusco y sostenido de la fecundidad, a partir de 1964, junto con el aumento de la esperanza de vida, más notorio desde 1950, produjeron modificaciones en el tamaño y en la composición por edades de la población. Lo anterior llevó al país a transitar hacia el envejecimiento demográfico de su población. En otras palabras, desde una relativa alta representatividad de jóvenes (menores de quince años) y bajo porcentaje de personas de sesenta años y más, se pasó -en menos de treinta años- a un menor porcentaje de jóvenes y un aumento de los adultos mayores<sup>36</sup>.

Según indican las cifras, Chile tiene en la actualidad más de un

millón de personas cuyas edades superan los sesenta años, con una expectativa de vida que bordea los setenta y ocho. Se estima que el 2025 esta cantidad se triplicará; por ello es primordial crear espacios, lugares y productos que no solo sean coherentes con las posibilidades y necesidades de este grupo, sino que también estén relacionados con sus actividades cotidianas y frecuentes como es el caso de la jardinería<sup>37</sup>.



## 02.2/ Objetivo

El objetivo general consistió en obtener propuestas de herramientas de jardinería para la tercera edad, las cuales requirieran de menos motricidad fina y menos fuerza para ser utilizadas, además de una cómoda y ergonómica manipulación y simpleza de uso, con el fin de facilitar el desempeño correcto de los ancianos en esta actividad.



## 02.3/ Proceso

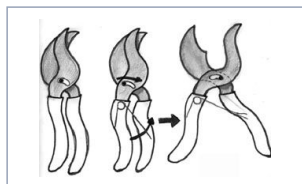
El proceso de desarrollo se basó principalmente, al igual que en herramientas para fileteado y faenado, en la Metodología de 11 puntos del Ergonomi Design Gruppen y en la Guía para el diseño y desarrollo de productos utilizando diseño concurrente. Constó, además, de un proceso analítico (visitas a hogares de ancianos, entrevistas con jardineros, estudio de las deficiencias motrices y patologías asociadas a la tercera edad, etc.) y un proceso de diseño detallado (desarrollo conceptual, desarrollo formal, prototipos físicos y digitales, pruebas de campo, desarrollo técnico-productivo, etc.).

### Estudios preliminares arrojaron las siguientes problemáticas

- Lesiones y heridas sufridas por el usuario.
- Necesidad de un esfuerzo excesivo.
- Complejidad de uso.
- Durezas o callosidades.
- Deterioro de la herramienta.
- Posiciones incómodas.
- Problemas de alcances.

### Variables de solución

- Bordes suaves.
- Posibilidad de disminuir esfuerzos.
- Elementos que eviten el roce de la herramienta.
- Mecanismos y usos simples.
- Prolongaciones o extensiones.
- Buenas empuñaduras.
- Colores vivos que atraigan al usuario.
- Accesorios de apoyo.



<sup>36</sup> CODDOU, Cecilia. "La tercera edad aprende a envejecer". En boletín N°37. [www.uchile.cl/facultades/medicina/boletin/boletin37/arti8.html](http://www.uchile.cl/facultades/medicina/boletin/boletin37/arti8.html)

<sup>37</sup> "Chile y los adultos mayores, impacto en la sociedad del 2000", Instituto Nacional de Estadísticas, INE - [www.ine.cl](http://www.ine.cl)



## 02.4/ Resultados

Como resultado de este desarrollo, se obtuvo un set de prototipos físicos y digitales (aproximadamente veinte propuestas) en fase precompetitiva y preproductiva para cuya comercialización y producción no existe una empresa directamente asociada (la empresa Protema está estudiando la factibilidad técnica y comercial para una posible producción), por lo que se encuentran disponibles para el desarrollo productivo y comercial de futuros nuevos interesados contactar en el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado de DuocUC (CDDI).

### Sistema de poda en altura



### Sistema de riego



### Sistema de remoción de tierras N°1



**Sistema de remoción de tierra N°2**



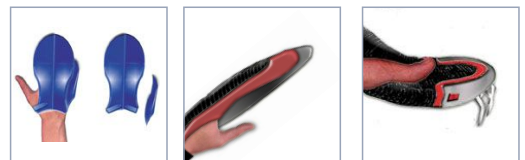
**Kit herramientas de jardinería**



**Tijeras de poda**

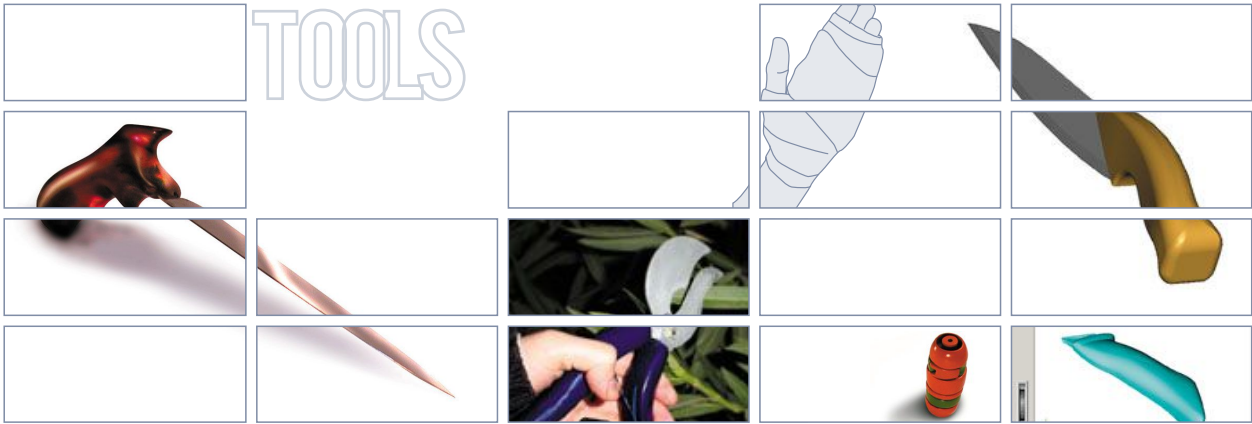


**Herramientas terapéuticas**



# III-ABSTRACT

# ERGONOMIC TOOLS



## CONTEXT

Ergonomic manual tools and manual machine tools are technical aids intended to prevent or correct Painful Upper Limb Disabilities (PULD).

PULDs produced by repeated effort constitute a category of lesions deriving from reiteratively carrying out a task that causes stress or fatigue in specific parts of the body and damages nerves, muscles, tendons, and other soft tissues. Included in this kind of problems are more than 100 different types of work-related lesions and illnesses, some of which are so severe as to require surgery or produce permanent disability.

Hand lesions may occur for several reasons, such as excessive exertion, frequent incorrect use of the hand and arm, and prolonged muscle contraction. The rate of injuries resulting from machine tool operation can be decreased through the correct use of well-designed instruments. Although the design cannot control the way in which an individual will operate the instrument, it can be improved to induce correct use.

## Objetives

This part of the project involves the development of a set of ergonomic tools for beef cattle and fish slaughtering and meat cutting designed to increase the safety of their operators an help them to carry out their work in a more comfortable and efficient

way. Thus, a contribution will be made to the country, by increasing the productivity of thousands of workers and reducing absenteeism rates.

## Methodological Support

To facilitate this process, the step-by-step method of the Swedish Ergonomi Design Gruppen step-by-step method called the "11-Point Programme" for the development of BAHCO manual ergonomic tools was used ([www.bahco.com](http://www.bahco.com)). At the same time, an Anthropometric Survey of the Chilean

Population supplied by ACHS, (Asociacion Chilena de Seguridad) was vitally important, as it provided the developer teams with current parameters corresponding to our domestic reality, as to the sizes of hands, arms, and fingers of potential local users.

## Technological Support

For technological support purposes, digital prototypes of the various proposals were developed, in order to visualize each proposal in the short run. These prototypes were mostly developed using Pro/Engineer and SolidEdge software, and were subjected to finite element analysis through Algor software, which permitted to simulate the potential structural and dynamic mechanical events the tools are subject to, in order to predict the behavior of the products, handles, and plates under actual working conditions. Moreover, the availability of a touch scanner specially acquired for use in this project permitted to digitalize material prototypes and subsequently introduce the pertinent design modifications directly in parametric software (Pro/Engineer, SolidEdge). The quick

prototyping cutter, also acquired for technological support of this FDI project, allowed the fast, highly accurate reproduction of both digital prototypes directly simulated with software such as Pro/Engineer or SolidEdge, and touch-scanned original prototypes made of different materials.

## DEVELOPMENT

### Cattle Slaughtering and Beef Cutting Ergonomic Tools

This part of the project was developed in two phases, each one spanning one half of year 2001, which were executed by DuocUC Industrial Design students from different academic levels (third semester and sixth semester), with different objectives specified for each stage.

The process consisted of several stages (mainly based on the Ergonomi Design Gruppen's 11 - Point methodology and the Guide to Product Design & Development Using Concurrent Design). Throughout these stages, assistance was constantly provided by the experts involved in the FDI project, non-profit institutions, revenue-earning companies, and people from the cattle

slaughtering/beef cutting, ergonomics, and occupational injury prevention sectors.

As a result of both phases, a set of material and digital prototypes at different levels of development (according to the phase and the corresponding objectives) was obtained. No company is directly associated with the production and marketing of these prototypes yet. However, both their development and results are available to interested parties (contact DuocUC Design Center).

### Gardening Tools

The development of ergonomic tools for cattle slaughtering and beef cutting made Protéma company and the main FDI Project Team become interested in developing ergonomic gardening tools for elderly people. Although this project had not been originally planned by the FDI, as it was a highly attractive related topic with considerable development potential, it was included as an area of concern. This subject was addressed during the second half of 2001 within DuocUC's Industrial Design training course, by the Sixth Semester Workshop imparted by Professor Javier Lorca at the Antonio Varas Site.

The general objective of this development consisted in getting proposals for gardening tools intended for elderly people. The use of these tools should require less strength and fine motor skills than the regular ones, and their handling should be

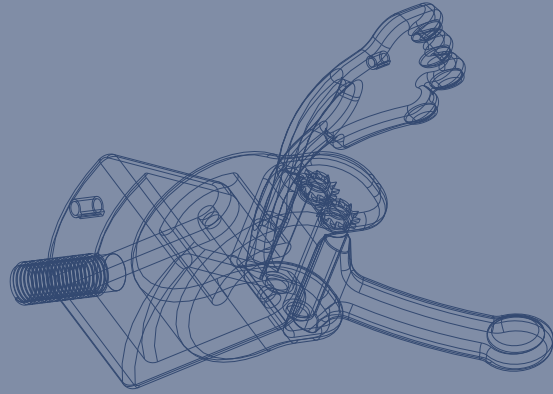
ergonomic, comfortable and simple, to facilitate the correct performance of gardening activities by elderly people.

Approximately twenty proposals were received. The result was a set of material and digital precompetitive and preproduction prototypes. No company is directly associated with the production and marketing of these prototypes yet (Protéma is studying the technical and commercial feasibility of a potential production). Therefore, they are available to for both their development and results are available to interested parties (contact DuocUC Design Center).

# CASO DE ESTUDIO · PRÓTESIS Y ÓRTESIS

Protheses and Ortheses

03





## INDICE

<b>I-CONTEXTO</b>	<b>P. 88</b>
01/ Participantes	P.89
02/ Antecedentes	P.90
02.1/ Prótesis	
02.2/ Ortesis	
02.3/ Situación actual	
03/ Objetivos	P.91
<b>II-DESARROLLO</b>	<b>P. 92</b>
01/ Area de desarrollo 1: Optimización a través de tecnologías	P.93
01.1/ Escáner Láser	
01.2/ Escáner palpador - fresa de prototipado	
02/ Area de desarrollo 2: Desarrollo de componentes	P.96
02.1/ Elección del tema	
02.2/ Proceso	
02.3/ Resultados	
<b>III-ABSTRACT</b>	<b>P. 100</b>
01/ Context	P.100
02/ Development	P.101

# I.CONTEXTO



Para su desarrollo y maduración, los seres humanos necesitan adquirir de determinadas destrezas manipulativas y motrices que les permitan realizar adecuadamente las funciones que corresponden a las extremidades superiores e inferiores. Por esta razón, frente a la ausencia y/o malformación de extremidades es necesario reemplazarlas o bien, facilitar su funcionamiento a través de dispositivos de ayuda externa como son las prótesis y órtesis.

## 01/ PARTICIPANTES

### Equipo principal proyecto FDI

[www.cddi.cl](http://www.cddi.cl)

Todo el desarrollo de este caso de estudio fue guiado y coordinado por el equipo del proyecto FDI en el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado (CDDI), en Santiago, el cual otorgó el apoyo metodológico e informativo en las diversas fases de desarrollo.

### Alumnos, profesores y sedes de DuocUC

[www.duoc.cl/sede/conc/index.htm](http://www.duoc.cl/sede/conc/index.htm) · [www.duoc.cl/sede/vina/index.htm](http://www.duoc.cl/sede/vina/index.htm)

En el desarrollo de este caso de estudio participaron alumnos de cuarto semestre de la carrera de Diseño Industrial en las Sedes DuocUC de Concepción y Viña del Mar, quienes fueron dirigidos por sus respectivos profesores y directores de Carrera.

### Instituto de Rehabilitación TELETÓN

[www.teleton.cl](http://www.teleton.cl)

La TELETÓN participó activamente en este caso de estudio, colaborando a través de los expertos en ortopedia desde la definición de las áreas a abordar, el apoyo constante en la toma de decisiones, la apertura de sus talleres y del personal, hasta las experiencias pilotos con usuarios.

### PROTEX

[protex@terra.cl](mailto:protex@terra.cl)

La empresa PROTEX (dedicada desde hace más de diez años a la elaboración y comercialización de productos ortopédicos), a pesar de no estar vinculada oficialmente desde el inicio del proyecto, manifestó su interés en el desarrollo de este caso de estudio y entregó, a través del doctor Guido Espinoza y su equipo, un apoyo constante en la entrega de información, de componentes y materiales de prótesis y órtesis, charlas informativas, contactos con instituciones y médicos vinculados, etc.

Al igual que en el caso de estudio 2, se trabajó en forma transversal entre los distintos equipos de desarrollo, generando sinergia y potenciando las capacidades de cada uno de ellos para lograr mejores resultados en un plazo menor. Para la comunicación se mantuvieron las reuniones bisemanales a través de videoconferencia implementadas en el caso de estudio 02, en las cuales cada equipo informó sobre sus avances, dudas, necesidades, generándose así un espacio de discusión y de colaboración continuas. Las visitas periódicas del equipo del proyecto FDI a las sedes participantes, la programación de reuniones con expertos y el área común en el servidor de DuocUC para compartir información (fotografías, archivos, resultados, etc.) se mantuvo en forma normal al igual que en el caso de estudio anterior.



## 02/ ANTECEDENTES

### 02.1/ Prótesis

Pieza o aparato que reemplaza a un órgano, miembro o parte, reproduciendo sus formas y, en lo posible, realizando los mismos servicios<sup>38</sup>.

El uso de las prótesis externas está directamente ligado a la ausencia de una extremidad.

La ausencia de toda la extremidad o de parte de ella proviene de deficiencia esquelética congénita o de amputación por traumatismo o cirugía.



Tipos de Prótesis	Objetivos	Debe ser
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Convencionales o mecánicas.</li> <li>· Mioeléctricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sustituir una función.</li> <li>· Cosmética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Una prótesis debe ser: Cómoda.</li> <li>· Sencilla de colocar.</li> <li>· Perfectamente adaptable al muñón.</li> <li>· Liviana (menor peso posible).</li> <li>· Dotada de una buena suspensión.</li> <li>· Funcional, es decir, debe permitir desenvolvura normal en el medio.</li> </ul>

39

### 02.2/ Órtesis

Dispositivos de variados diseños que se superponen a un segmento corporal con objetivos múltiples<sup>40</sup>.



Clasificación general de órtesis	Objetivos	Debe ser
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Espinales.</li> <li>· Miembro superior.</li> <li>· Extremidad inferior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Mantener posición.</li> <li>· Prevenir y corregir deformidades.</li> <li>· Colaborar en una función.</li> <li>· Transmitir peso.</li> <li>· Proteger.</li> <li>· Aumentar rango artificial.</li> <li>· Aumentar potencia muscular.</li> <li>· Comprimir zonas cicatriciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Lavable.</li> <li>· Liviana.</li> <li>· Durable.</li> <li>· Sencilla de colocar.</li> <li>· Estéticamente aceptable.</li> <li>· Útil (según la patología y funcionalidad).</li> </ul>

<sup>38</sup> [www.adeslas.es/Saludigital/AdDiccionario.htm](http://www.adeslas.es/Saludigital/AdDiccionario.htm) - 11k

<sup>39</sup> BENDER, Leonard. "Prótesis de la extremidad superior".

<sup>40</sup> "Enfermedades invalidantes de la infancia". En enfoque integral de rehabilitación, Sociedad Pro ayuda del niño lisiado, 1ª Edición, Enero 1995.

## 02.3/ Situación actual

La situación actual en relación a prótesis y órtesis en Chile tiene una problemática basada en dos focos, relacionados directamente con la tipología de las piezas o componentes de este tipo de productos. Las prótesis y órtesis se componen de dos tipos de partes o piezas:

### Las piezas a medida

Son las que van en contacto directo con el paciente, y, por lo tanto, deben ser fabricadas especialmente para cada uno de ellos. Por lo general se hacen en plásticos termoformables, a través de un largo proceso iniciado con la toma de muestras y la fabricación del molde de yeso, el cual es un proceso incómodo y lento para el paciente. Luego, con un proceso de termoformado sobre el molde de yeso ya preparado, se fabrica la pieza que tendrá contacto con el muñón o cuerpo del paciente, la cual frecuentemente requerirá de rectificaciones y correcciones hasta quedar

cómoda y funcional. La totalidad de este proceso se maneja de un modo casi artesanal, lo que significa tiempos de fabricación muy largos y resultados no siempre tan precisos como se requiere.



### Los componentes standard

Son los que no van en contacto directo con el paciente y tienen medidas y tamaños standard. Por lo general son piezas metálicas o plásticas con procesos productivos más elaborados y de características mecánicas y de precisión importantes. Estos componentes son importados principalmente desde Europa y Estados Unidos, puesto que en Chile no existe una producción nacional de este tipo de productos. Esto incide directamente en el precio elevadísimo que adquieren, afectando así a instituciones como TELETÓN, ACHS, FONADIS u otras y directamente a cada uno de

los pacientes. Además, las prestaciones funcionales que ofrece la mayor parte de estos componentes limitan muchísimo la integración de los usuarios en el medio normal.



## 03/ OBJETIVOS

En relación a la problemática planteada en cuanto a los dos tipos de piezas y componentes de prótesis y órtesis se establecen los dos principales objetivos para este caso de estudio:

- Optimización del actual sistema de toma de muestras y fabricación de las piezas a medida aplicando tecnologías de punta e investigando métodos o procesos para acortar los tiempos de desarrollo y la calidad de los resultados.
- Desarrollo de un set de componentes para prótesis de gancho, que tengan directa relación con la realidad nacional y, a través del valor del diseño, puedan ofrecer mayores prestaciones fun-

cionales al usuario, integrarse visual y/o psicológicamente mejor al medio normal del usuario, ser producibles a nivel nacional con materiales y procesos simples y accesibles, bajar los costos en relación a los componentes importados, etc.

## II-DESARROLLO



El desarrollo de este caso de estudio se llevó a cabo durante el segundo semestre del 2001 en dos áreas de desarrollo relacionadas con los dos objetivos generales descritos en el punto anterior. Ambas áreas de desarrollo se trabajaron en forma paralela y por equipos independientes pero complementarios. En ambos casos el desarrollo se basó en la metodología de diseño concurrente, y el objetivo principal fue abrir las puertas, a través del diseño, la investigación y la implementación tecnológica, a nuevas áreas con grandes oportunidades de desarrollo para nuestro país.

### **Área de desarrollo 1, optimización a través de tecnologías**

Esta área fue abordada por el núcleo del proyecto FDI y está enfocada a la optimización del actual proceso de toma de muestras para la fabricación de moldes para prótesis, órtesis y plantillas ortopédicas, utilizando herramientas tecnológicas de punta como un plotter y escáner palpador 3D, y un escáner láser 3D (único en Sudamérica). En esta etapa se realizó un estudio profundo del método en que se desarrollan las prótesis y órtesis en Chile, focalizando los esfuerzos en mejorar la interfaz entre el paciente y la prótesis (toma de muestras, parametrización, disminución de tiempos, producción, etc.)

### **Área de desarrollo 2, desarrollo de componentes**

Durante el segundo semestre alumnos de la carrera de Diseño Industrial en las sedes regionales de DuocUC de Viña del Mar y Concepción desarrollaron propuestas de componentes de prótesis de gancho y de miembro superior en general, y articulaciones de órtesis, de modo de mejorar la interfaz, funcionalidad y estética, y bajar los costos adecuándose a la realidad productiva y social nacional.



Esta área de desarrollo fue llevada a cabo por el equipo principal del equipo FDI en Santiago, con la asesoría y el apoyo constante de expertos del Instituto de Rehabilitación TELETÓN, la ACHS y la empresa PROTEX.

Para lograr la optimización del actual sistema de toma de muestras y fabricación de moldes para los componentes a medida (particulares para cada paciente), el proyecto FDI contempló la incorporación e investigación de nuevas tecnologías para desarrollar métodos o procesos que permitan acortar los tiempos de producción y aumentar la calidad de los resultados. Entre estas tecnologías se encuentran principalmente un escáner láser 3D, y un escáner palpador 3D con fresa de prototipado rápido.

### 01.1/ Escáner láser 3D

[www.capod.com](http://www.capod.com)

Esta tecnología, única en Sudamérica, pertenece a la empresa sueca CAPOD, líder en productos computacionales, softwares y tecnologías para el desarrollo de productos ortopédicos.

El escáner consta principalmente de un dispositivo lector (tipo pistola), un computador incorporado en un maletín portátil y un software especializado en el desarrollo de moldes para prótesis y órtesis. Es de fácil uso y su principal ventaja es que, en pocos minutos y sin necesidad de tocar al paciente, permite tomar la muestra necesaria para el molde.



## Proceso

El proceso de aprendizaje en la utilización de esta tecnología fue guiado por Arne Karlsson, sueco, experto de CAPOD Systems, quien estuvo en Chile durante varios días para capacitar a los

desarrolladores del proyecto FDI, médicos y ortoprotesistas de TELETÓN y de otras instituciones y empresas interesadas en conocer las ventajas de este sistema.

### Fase 1, toma de muestra



Esta capacitación se realizó en el auditorio del Instituto de Rehabilitación TELETÓN<sup>41</sup> en Santiago, lo que permitió contar con la colaboración de pacientes para las tomas de muestras, haciendo posible, a la vez, identificar todas capacidades y desventajas de ésta herramienta.

### Fase 2, utilización del software



En forma posterior, con la asesoría de médicos y ortoprotesistas expertos, se realizaron las modificaciones necesarias a los “moldes digitales” registrados tridimensionalmente en el computador, gracias a los datos ingresados por el lector láser en la toma de muestras, de modo de obtener una réplica digital de lo que sería el molde físico real para una órtesis o prótesis.

### Fase 3, traspaso de CAD a CAM



Como fase final se comprobó el correcto traspaso de la información digital en el software CAPOD (CAD) al proceso de manufactura del molde en una máquina fresadora, en este caso de PROTEX<sup>42</sup>, empresa que, a través del doctor Guido Espinoza, prestó una importante colaboración en este proceso de capacitación. El traspaso de CAD (Diseño Asistido por Computador) al sistema CAM (Manufactura Asistida por Computador) se logró con éxito concluyéndose así un proceso general realizado con mucha precisión, en menores tiempos y sin la necesidad de tanta mano de obra especializada como actualmente.

<sup>41</sup> [www.teleton.cl](http://www.teleton.cl)

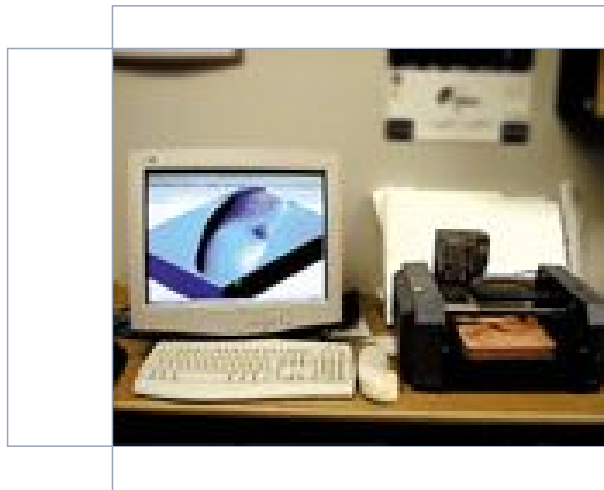
<sup>42</sup> [protex@terra.cl](mailto:protex@terra.cl)

## 01.2/ Escáner palpador, fresa de prototipado

El escáner palpador y la fresa de prototipado rápido se encuentran juntos en una sola herramienta fácil de usar y compatible con muchos software 3D. Permite escanear y fresar dentro de un mismo sector, reproduciendo fielmente un prototipo físico en uno digital (CAD); realizar modificaciones a nivel de diseño, y volver a transformar el prototipo digital en uno físico (CAM).

### Aplicación en ortesis plantares

Las órtesis plantares o plantillas ortopédicas tienen una demanda y un mercado crecientes, para lo cual no existe en nuestro país una respuesta eficiente a corto plazo y con bajos costos (se desarrollan en forma artesanal). Por esta razón, y gracias al interés del Dr. Guido Espinoza y de la empresa PROTEX en el tema, el proyecto FDI basó parte de la investigación de esta área de desarrollo en este tema.



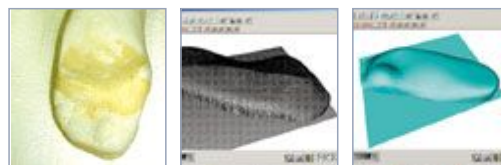
### Proceso

El proceso experimentado consta de dos partes principales y está enfocado a la optimización en la confección de las plantillas ortopédicas. Se inicia a partir del molde de yeso tradicional, fabricado a partir de la toma de muestras de un paciente, y modificado y corregido por el ortesista o médico en las zonas que se consideran necesarias según la patología del paciente.



### Escaneo mediante el escáner palpador

El proceso se inicia con el escaneo del molde de yeso para transformarlo en un modelo digital. El palpador actúa sobre el positivo de yeso ya corregido por el médico, obtiene los datos y se traspa al software 3D.



### Fresado en el material definitivo

Una vez digitalizado el molde se procede a fresar su negativo sobre un bloque del material que se va a utilizar (goma eva, por ejemplo). La fresa desgastará el material hasta que se obtenga el negativo exacto al molde de yeso escaneado previamente. Finalmente se recorta la plantilla para su adaptación al zapato.

Este proceso automatizado acorta considerablemente los tiempos y permite obtener órtesis plantares que no requerirán de ajustes posteriores (gran precisión).



## 02/ ÁREA DE DESARROLLO 2 - DESARROLLO DE COMPONENTES

Esta área de desarrollo fue llevada a cabo por alumnos de cuarto semestre de la carrera de Diseño Industrial en las sedes de DuocUC en Concepción y Viña del Mar (durante el segundo semestre semestre del 2001), guiados directamente por los

profesores Samuel Soto y Marcelo Vargas, y apoyados y orientados por el equipo principal del proyecto FDI y las instituciones y empresas asociadas al proyecto y relacionadas con el tema.

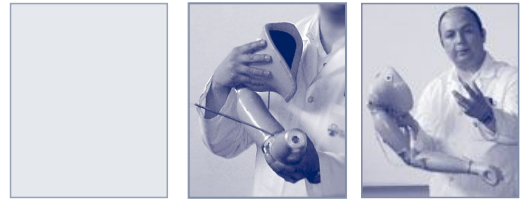
### 02.1/ Elección del tema

Para el desarrollo de esta área, en conjunto con el equipo especialista de la TELETÓN, se decidió enfocar el estudio principalmente a prótesis de gancho (miembro superior) y a órtesis, ya que ambas son áreas de productos que no están tan desarrollados internacionalmente (como prótesis de rodilla, por ejemplo). Se consideró además que no son de complejidad muy elevada, que constituyen áreas con un gran mercado y que, a través del diseño, se puede hacer un gran aporte funcional. Estas razones convierten estos dos grupos de productos específicos dentro de la ortopedia, en un área de grandes potencialidades y oportunidades para desarrollar en el mercado nacional.



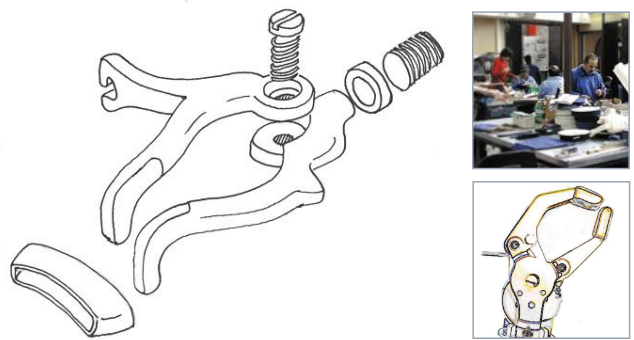
## 02.2/ Proceso

El proceso contó con varias etapas basadas principalmente en la *Guía para el diseño y desarrollo de productos utilizando diseño concurrente*. En todas ellas se contó con el apoyo constante de los expertos asociados al proyecto FDI (a nivel de instituciones, empresas productivas, etc.) y de interesados y relacionados con el rubro de ortopedia.



### Proceso de analítico

Inicialmente, en el proceso de desarrollo se puso énfasis en el análisis del contexto sobre el cual se trabaja. Los equipos se vieron en la necesidad de conocer todos los aspectos relacionados a la ortopedia, desde los más básicos a algunos más específicos. Para esto se realizaron charlas sobre biomecánica y ortopedia; visitas a talleres de órtesis y prótesis; investigación de mercado y análisis del estado del arte de productos relacionados; entrevistas con médicos y terapeutas para conocer sobre patologías y requerimientos de productos, y entrevistas con usuarios para conocer sus necesidades y observaciones.

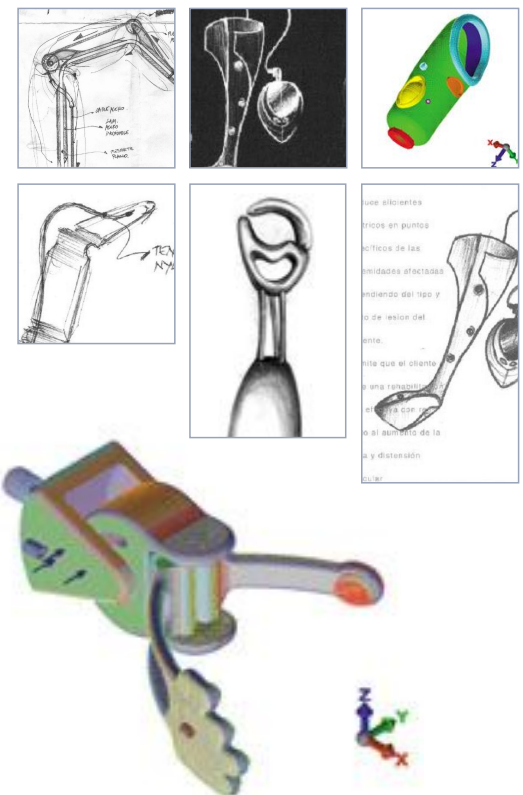


### Proceso de diseño detallado

Posteriormente, se inició el proceso de diseño, que comenzó con el desarrollo conceptual basado en el análisis y contando con el apoyo y asesoría de expertos en el área. El énfasis conceptual se centró en el desarrollo de piezas y componentes acordes a la realidad nacional productiva y económica. Además, a través del diseño, los productos fueron dotados de funciones y características que actualmente no poseen, con el fin de facilitar la integración, adaptación e independencia de los usuarios en el medio. De este modo, las propuestas fueron evolucionando formalmente, lo que, en cada fase, se acompañó de prototipos físicos experimentales y prototipos digitales.

En forma paralela a este desarrollo formal se realizó el desarrollo técnico productivo correspondiente, analizando propuestas de materiales, de procesos, factibilidad de producción, especificaciones detalladas de diseño, análisis de comportamiento estructural, etc.

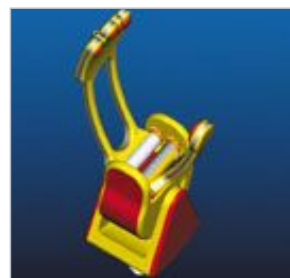
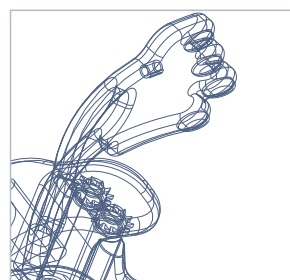
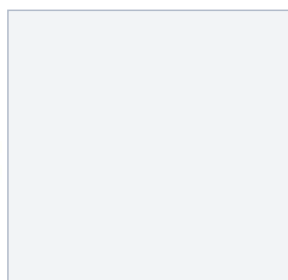
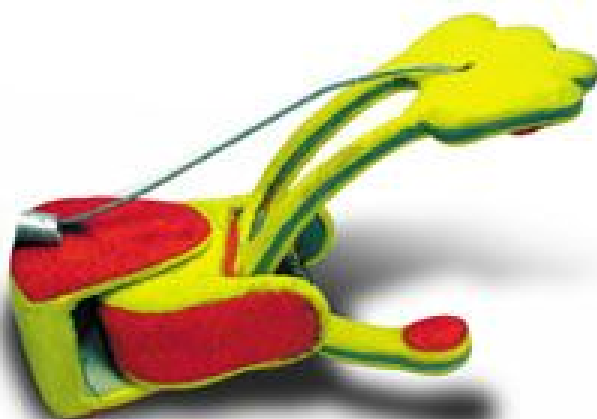
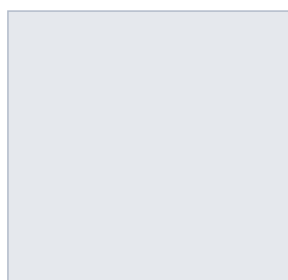
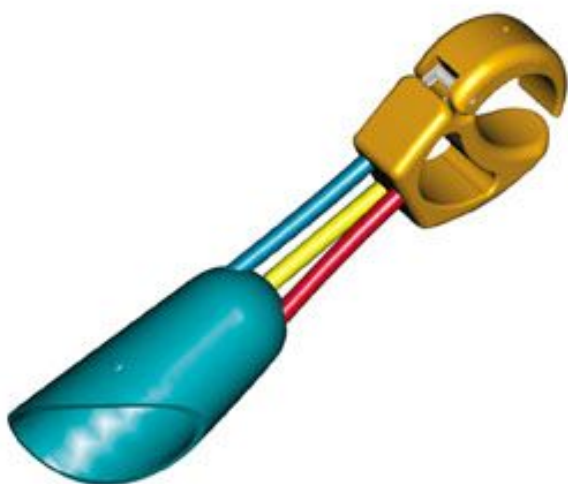
De esta forma, al término del proceso de diseño se contó con un set de propuestas en fase precompetitiva y preproductiva.



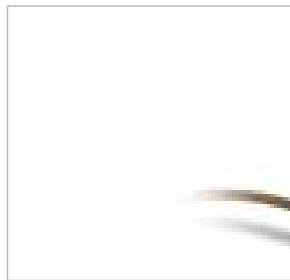


## 02.3/ Resultados

Como resultado de este desarrollo se obtuvo un set de prototipos físicos y digitales en fase prospectiva y experimental. Parte de estos resultados fueron presentados frente a los expertos en el área de ortopedia de la TELETÓN de Concepción, quienes se manifestaron asombrados y muy interesados ante la gran variedad de soluciones y propuestas. En efecto, a través de modificaciones simples, estas propuestas representan un gran cambio en las posibilidades funcionales de acción y de integración de los usuarios.

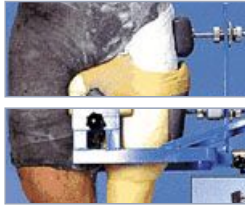


Para la producción y comercialización de estos productos no existe una empresa directamente asociada, por lo cual los resultados de este trabajo se encuentran disponibles para el desarrollo productivo y comercial de futuros nuevos interesados (contactar en el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado de DuocUC, CDDI).



## III-ABSTRACT

# CASE THREE PROTHESES AND ORTHESES



### CONTEXT

In the physical development of human beings, the acquisition of certain handling and motor skills is essential to their maturation and learning of the functions of the upper and lower limbs. Consequently, it is necessary to either replace absent and/or malformed limbs or facilitate the respective function with external aids such as prostheses and orthoses.

### Objectives

- To optimize the current sample taking and manufacturing system for these kinds of components by implementing leading edge technology and thoroughly researching quality improvement and time-saving development processes or methods.
- To develop a set of components for hook prostheses directly related to our domestic reality that, through the value of design, provide the users with greater functionality and better visual and/or psychological integration into their usual environment. Furthermore, it should be possible to produce these components in our country, using simple, affordable materials and processes, in order to achieve lower costs than imported competitive products.

## DEVELOPMENT

This part of the project was executed in the second semester of 2002, divided into two areas according to the above-stated general objectives. Both areas were developed simultaneously by independent, though complementary, teams. In both cases, the development was based on the concurrent design methodology, and the primary purpose was to use design, research, and leading edge technology implementation to pave the way to new areas representing excellent opportunities for development for our country.

### Area of Development 1 · Optimization through Technology

This area was taken up by the FDI Project Developer Team, focused on optimizing the current sample taking process necessary for making prosthesis, orthosis, and orthopedic insole molds. To this end, leading edge technology tools, such as a plotter and 3D touch scanner, as well as a 3D laser scanner –the only one available in South America- were used. Additionally, an in-depth study of the method of developing prostheses and orthoses in Chile was conducted, centering efforts on the improvement of the patient-prosthesis interface (sample taking, parameter setting, time saving, production, etc.)

### Area of Development 2 · Component

Also during the second semester of 2002, DuocUC Industrial Design students from the Viña del Mar and Concepcion regional sites developed proposals for upper limb hook prosthesis components in general, and orthopedic joints, with a view to improving the interfacing, functionality, and aesthetic aspects, and lowering costs to adjust to the domestic productive and social reality.

# RESULTADOS, DIFUSIÓN Y EXTERNALIDADES

Results, diffusion and information transference

04

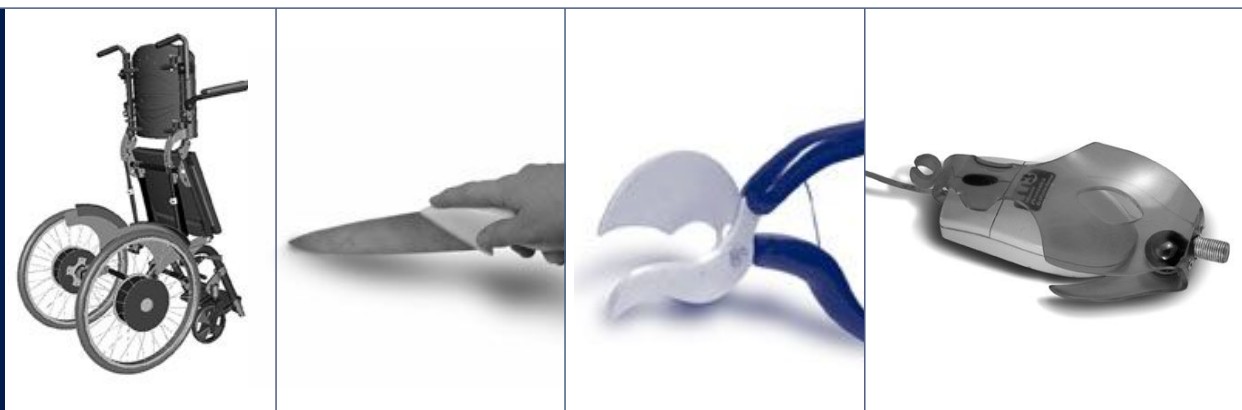




## INDICE

<b>I-RESULTADOS</b>	<b>P. 104</b>
01/ Caso de estudio 01: Sillas de ruedas con sistema de levante 01.1/ Externalidades	P. 105
02/ Caso de estudio 02: Herramientas ergonómicas 02.1/ Externalidades	P. 107
03/ Caso de estudio 03: Prótesis y órtesis 03.1/ Externalidades	P. 108
<b>II-DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA</b>	<b>P. 110</b>
01/ Centro de atención a clientes: <a href="http://www.concurrente.cl">www.concurrente.cl</a>	P. 110
02/ Seminarios y presentaciones	P. 111
<b>III-CONCLUSIONES</b>	<b>P. 112</b>
<b>IV-ABSTRACT</b>	<b>P. 114</b>
01/ Results	P. 114
02/ Diffusion and information transference	P. 116
03/ Final coments	P. 117
<b>V-BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b>	<b>P. 118</b>

# I.RESULTADOS



El desarrollo operativo del proyecto tuvo un **notable impacto** sobre las empresas participantes e incluso en algunas nuevas que se interesaron y se sumaron durante el transcurso del proyecto. Esto fue posible gracias a un especial esfuerzo en la gestión de la transferencia de la información y los resultados, y de una estructuración de la lista de contactos y empresas interesadas en este trabajo. De esta forma, el objetivo a largo plazo, que es la formación de “clusters” específicos en cada uno de los casos de estudio, se impulsó con una gestión proactiva a la generación de asociatividad entre empresas.

Cada caso de estudio generó resultados específicos, los que junto a una exposición de la gestión de sus externalidades, se muestran a continuación.

## 01/ CASO ESTUDIO 01 · SILLAS DE RUEDAS CON SISTEMA DE LEVANTE

### Diseño y manufactura de familia de sillas de ruedas

El principal resultado de este caso de estudio fue el diseño de una familia de sillas de ruedas multipropósito, con cambio postural: de posición sedente a posición de pie. La característica general de esta familia es su gran modularidad a través de conectores. Así no requiere de soldadura alguna para unir las distintas partes y piezas y facilita la escalabilidad y mantención del producto.



### Estudio de patentes

Sin duda, para presentar una línea de productos nueva al mercado, es necesario contar con un producto diferenciado de la competencia europea, que cumpla con las exigentes normas de calidad y certificación. Por ello, durante la fase de desarrollo se requirió de un estudio completo de las patentes internacionales existentes en esta área, tarea de la que se hizo cargo la empresa KABAL, que contrató los servicios de Andrés Escobar<sup>43</sup>, ingeniero chileno experto en patentes. Los resultados de esta búsqueda incidieron de modo importante en el desarrollo del proyecto y en las modificaciones de diseño en componentes o sistemas para evitar problemas de patentes que pudieran presentarse a futuro. Una vez acabado el desarrollo de diseño se inició el proceso de inscripción de patentes comerciales internacionales como protección al diseño innovador de sistemas y componentes en la familia de sillas de ruedas con levante desarrollado en este proyecto.

### Equipo multidisciplinario

Se contó con un desarrollo concurrente en esfuerzos de diseño, ingeniería y fabricación, expresado tangiblemente, en una primera etapa, en prototipos digitales de la familia completa y de prototipos físicos de algunos componentes. Este desarrollo fue impulsado simultáneamente por reuniones periódicas semanales entre el equipo de trabajo y el gerente de KABAL, Henri Baldán, como además, por sesiones de trabajo periódicas con terapeutas y pacientes de TELETÓN.

<sup>43</sup> ESCOBAR, Andrés. Ingeniero Experto en Patentes.  
ael@entelchile.net



## 01.1/ Externalidades

### Concurso Nacional de Exportaciones ProChile / Feria REHACARE, Alemania 2002

El Centro de Diseño y Desarrollo Integrado, de la Escuela de Diseño de DuocUC (CDDI), gracias a la colaboración y apoyo de la empresa KABAL, participó y se adjudicó una de las líneas del Concurso Nacional de Exportaciones 2002 de PROCHILE<sup>44</sup>. Este proyecto, derivado del proyecto FDI C0699-TC02, tiene por objeto prospectar y promover el diseño de ayudas técnicas en Europa, con el fin de participar en la feria más reconocida mundialmente en productos y servicios de la rehabilitación REHACARE, que se desarrollará en Düsseldorf, Alemania, en octubre del año 2002.

De esta forma y mediante este programa, se espera posicionar a Chile como un país exportador de diseño especializado, y así hacer posible la generación de impactos a nivel internacional en el corto y mediano plazo.



### Presentación de Proyecto FONTEC – Línea 1, empresa KABAL

Este programa de innovación tecnológica, surge como continuación natural de la ejecución del proyecto. Tanto el proceso de revisión de patentes, como la realización de los prototipos digitales de la familia de productos desarrollados a nivel detallado (en diseño y factibilidad técnico - productiva) permitieron a la empresa KABAL iniciar el proceso para la manufactura y comercialización de las sillas de ruedas. Esto constituye una nueva línea de productos –no fabricados hasta ahora en el país-, con una fuerte estrategia de exportación. De esta forma, el CDDI de DuocUC ha apoyado a la empresa KABAL como consultor en la presentación de un

Proyecto FONTEC – Línea 1 de CORFO, que se espera participe en el cofinanciamiento de los primeros prototipos comerciales de la silla de ruedas diseñada en el Proyecto FDI.



### Formación y sensibilización de futuros profesionales

Otro resultado importante de destacar es la participación en el proyecto de tres alumnos de la Escuela de Diseño Industrial de DuocUC, actualmente titulados, quienes realizaron sus proyectos de título en temas relacionados y complementarios al desarrollo del caso 01 (silla de ruedas) del proyecto FDI. Cada uno de estos tres alumnos, Juan Luzoro, Alejandro Ramos y Francisca Guerra, contó con un espacio físico y una estación de trabajo en la oficina implementada para el desarrollo de este proyecto, pudiendo así colaborar activamente con los profesionales, instituciones, expertos

en las distintas áreas y empresas asociadas.

Por otra parte, y producto del desarrollo en diseño concurrente, existe la posibilidad de producir los asientos rígidos (desarrollados por Juan Luzoro como proyecto de título) para las sillas de ruedas de la empresa KABAL utilizando tecnología de rotomoldeo, dominada por SHYF CERRILLOS. Este esfuerzo ha sido fuertemente apoyado por Max Joost, ingeniero de la empresa señalada.

<sup>44</sup>[www.prochile.cl](http://www.prochile.cl)

## Validación en el Instituto de Biomecánica de Valencia, España.

Para efectos de validar el trabajo desarrollado en este caso, Andrés Villela, coordinador del CDDI, realizó una presentación del desarrollo completo de la gama o familia de sillas de ruedas con sistema de levante en el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), España, el 21 de marzo de 2002.

El IBV es un centro dedicado al fomento y a la práctica de la investigación científica y del desarrollo tecnológico, a través de asesoría técnica y de la formación de personal calificado en Biomecánica. Con el objeto de mejorar la competitividad, modernización, innovación y diversificación de los sectores industriales a los que dirige su trabajo, el IBV pone a disposición de empresas

y entidades públicas y privadas una completa oferta tecnológica y científica.

El trabajo de validación se realizó ante los especialistas en investigación y desarrollo en el área de biomecánica médica del IBV, Ricard Barberà y Javier Sánchez, quienes calificaron positivamente el proyecto. Ambos expertos quedaron muy satisfechos con el enfoque de diseño, y su relación con la producción, y se mostraron dispuestos a colaborar en un futuro cercano en la valorización y evaluación detallada de diseño, o en ensayo y certificación de normas europeas e ISO para los productos desarrollados.

## 02/ CASO ESTUDIO 02 HERRAMIENTAS ERGONÓMICAS

### Set de herramientas para fileteado y faenado

El principal resultado de este caso de estudio es el diseño y desarrollo de un conjunto de herramientas para el trabajo de fileteado y faenado de carnes y pescados. Estas herramientas, al estar ergonómicamente diseñadas pueden disminuir las frecuentes lesiones causadas por el esfuerzo repetitivo en esta labor.

#### Fases de trabajo

El desarrollo de este caso se llevó a cabo en dos fases, en las cuales participaron grupos de alumnos de Diseño Industrial de DuocUC de las sedes Concepción, Viña del Mar y Santiago, profesores, directores de carrera y el equipo principal del proyecto FDI.

### Set Herramientas de Jardinería

Debido al gran interés y motivación de los participantes en estas fases, se desarrolló en forma complementaria en la sede Antonio Varas un proyecto de desarrollo de herramientas de jardinería para la tercera edad, que si bien no era un objetivo específico inicialmente planteado, se incluyó en el marco de acción del proyecto FDI. De esta manera, el núcleo de trabajo aportó todo el patrimonio de información, contactos y metodologías que se desarrollaron en los otros casos de estudio.



## 02.1/ Externalidades

### Formación y sensibilización de futuros profesionales

La participación de alumnos de Diseño Industrial de DuocUC de distintas sedes del país y de distintos niveles tanto en el tema de herramientas ergonómicas para fileteado como para jardinería ha llevado a la formación y sensibilización de futuros profesionales en el área de la discapacidad y el desarrollo de ayudas técnicas, quedando así preparados para atender las necesidades que el mercado está exigiendo cada vez más en esta área.

### Participación de la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad)

En este caso de estudio se contó con la colaboración permanente de la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad), a través del departamento de Ergonomía, con reuniones periódicas, asesorías en temas específicos e información relevante.

## 03/ CASO DE ESTUDIO 03 PRÓTESIS Y ÓRTESIS

### Este caso de estudio abarcó dos áreas de investigación:

- El desarrollo de componentes para prótesis y órtesis
- La optimización del actual proceso de toma de muestras para la fabricación de prótesis y órtesis



### Desarrollo de componentes para prótesis y órtesis:

Esta área se llevó a cabo a través de equipos de alumnos y profesores de la carrera de Diseño Industrial de DuocUC en las sedes de Concepción y Viña del Mar. El objetivo fue mejorar la funcionalidad y estética, considerando especialmente la realidad chilena, en cuanto a la factibilidad productiva y económica, de

modo de impulsar a ciertas PYMEs a involucrarse en esta área y comenzar una producción nacional de estos productos. Este proceso demostró sus primeros resultados a través de algunos prototipos físicos, los cuales fueron evaluados por especialistas de TELETÓN.

### La optimización del actual proceso de toma de muestras para la fabricación de prótesis y órtesis:

El objetivo de esta área fue optimizar y replantear, a través de nuevas tecnologías y procesos, el actual sistema de toma de muestras y fabricación de moldes para prótesis y órtesis.

## 03.1/ Externalidades

---

### Participación y colaboración de la PYME PROTEX

---

En relación con el caso de estudio 03 (prótesis y órtesis) ha sido preponderante el interés, participación y colaboración que ha demostrado la empresa PROTEX, dirigida por el doctor Guido Espinoza, que ha llegado a formar parte de la red de trabajo del proyecto FDI.

La incorporación de las tecnologías de escáner láser y mecanizado CAD/CAM han sido de gran interés por parte del doctor Espinoza. De esta forma, se espera un futuro esfuerzo para montar una fábrica de plantillas ortopédicas que integre las dos tecnologías

junto con su extraordinario “know how” en el tema de la rehabilitación, que posiblemente, requerirán del apoyo de otro FONTEC, guiado por el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado DuocUC (CDDI).

La utilización de un Plotter 3D para la fabricación de plantillas ortopédicas ha sido una aplicación que ha interesado a expertos en esta área, como el dr. Guido Espinoza (médico fisiatra) quien ha puesto todo su conocimiento y experiencia a disposición del proyecto para lograr mayores avances.

### Capacitación del uso de escáner láser

---

Por otra parte, se ha incorporado un escáner láser para toma de muestra de formas irregulares. Este fue testeado y conocido por instituciones y asociados al proyecto, a través de tres días de capacitación realizada por el especialista sueco señor Arne Karlsson,

en la TELETON. Esta tecnología es revolucionaria en el área de la ortopedia, ya que permite tomar digital y tridimensionalmente, y en forma muy rápida, los datos de un muñón, de un torso o de un pie.

### Curso a distancia on-line

---

En forma paralela, el núcleo de profesionales en Santiago del proyecto FDI, realizó un curso a distancia on-line en el área de la ortopedia a modo de especialización en el tema. Este curso, dictado por el IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia), se titula “Uso y prescripción de órtesis de miembro inferior y órtesis plantares”.

## II·DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA



### 01/ CENTRO DE ATENCIÓN A CLIENTES - WWW.CONCURRENTE.CL



La experiencia, el conocimiento, la tecnología y los recursos humanos capacitados necesitan de un lugar físico común donde este patrimonio se concentre y pueda ser transferido.

En cuanto a la difusión, especial relevancia tuvo el lanzamiento satisfactorio del sitio web del proyecto, que se encuentra en [www.concurrente.cl](http://www.concurrente.cl). Este hito se convirtió en el primer eslabón del Centro de Atención a Empresas, que se espera sirva de puente entre oferta y demanda de diseño concurrente en la PYME, y demuestre su influencia en el aumento de la competitividad e innovación a nivel nacional.

Cada una de las secciones contiene información relevante del proyecto, organizada de la siguiente forma:

#### El Proyecto

Presenta el proyecto FDI C699-TC02, sus objetivos, la problemática a que responde, las ayudas técnicas y los casos de estudio a los que se enfrenta, permitiendo al visitante tener una visión general clara de la aplicación del diseño concurrente en algunos casos puntuales.

#### Participantes:

Presenta a todos los participantes de este proyecto y permite hacer un enlace a cada una de sus páginas web.

## Gestión del Diseño en PYMEs

- **Objetivos:** Presenta los objetivos y la aplicación del diseño concurrente, y su importancia como herramienta de diferenciación estratégica y de posicionamiento de productos y como factor crítico para incrementar la competitividad y capacidad exportadoras de las PYMEs.
- **Desarrollo de Proyectos:** Presenta la metodología y las etapas del diseño de productos bajo el esquema de diseño concurrente utilizadas en el proyecto FDI C699-TC02.
- **Instrumentos:** Breve resumen de herramientas e instrumentos

### Foro

La zona de foro presenta un sistema de comunicación entre usuarios, con distinto nivel de confidencialidad para mantener discusión sobre temas relacionados al proyecto FDI, al diseño o a ayudas técnicas en general.

CORFO como apoyo a las necesidades de modernización de las empresas en áreas que resultan claves para el aumento de su productividad.

- **Avisos Clasificados:** El objetivo del formulario que se presenta en esta pantalla es que el usuario pueda enviar, ya sea una solicitud o una oferta de servicios o productos relacionados con diseño de ayudas técnicas. La idea es generar un puente entre oferta y demanda, generando así un lugar de encuentro y de intercambio de información.

### Noticias / eventos

Esta área está dirigida a visitantes registrados (participantes del proyecto, asociados) quienes podrán descargar información o informarse de noticias o eventos en relación al proyecto FDI C699-TC02.

## 02/ SEMINARIOS Y PRESENTACIONES

Los resultados operativos de difusión y transferencia se manifestaron en presentaciones de avance a las distintas empresas e instituciones que apoyaron este proyecto.

Estas actividades fueron complementadas puntualmente por tres

seminarios de expertos internacionales, que tuvieron la connotación de eventos y que fueron transmitidos mediante videoconferencia. Los temas de dichos seminarios y expertos se indican a continuación:

- Seminario de Biónica Aplicada al Diseño, dictado por el experto italiano Carmelo Di Bartolo.
- Seminario QFD (Quality Factor Deployment) y Análisis de Valor, a cargo del experto Español Josep Treserras
- Videoconferencia desde España sobre "Oportunidades y amenazas en el mercado de ayudas técnicas en Europa", con la participación del experto español José Vidal García del CEAPAT. Esta videoconferencia fue complementada posteriormente por un seminario realizado en Chile, por el mismo experto, en temas relacionados.

#### Estadísticas de coordinación del proyecto:

- 31 reuniones de pauta del núcleo operativo
- 11 reuniones de coordinación entre Santiago y Regiones mediante sistema de videoconferencia
- 7 presentaciones de avance a las distintas empresas e instituciones que apoyaron este proyecto.

### 02.1/ Seminario taller final

Todas las empresas e instituciones participantes fueron invitadas al seminario taller final. Se contó también con la especial participación de ejecutivos de CORFO, autoridades de DuocUC e INTEC. En este seminario taller se presentó el desarrollo completo del proyecto, explicando el proceso de diseño concurrente en cada caso de estudio. Asimismo, se contó con la participación del experto italiano Carmelo Di Bartolo, quien se abocó a temas de investigación relacionados con la biónica aplicada a ayudas técnicas.

Fueron presentados, además, tanto los resultados del proyecto como la gestión de las externalidades.

Con el seminario taller final se dio por finalizado el proyecto; sin embargo mediante el Centro de Atención en el sitio web [www.concurrente.cl](http://www.concurrente.cl) y los futuros proyectos derivados se espera que el esfuerzo realizado mantenga vivo el espíritu económico y social, beneficiando tanto al sector productivo nacional como a aquellas personas con algún grado de discapacidad.

## III·CONCLUSIONES



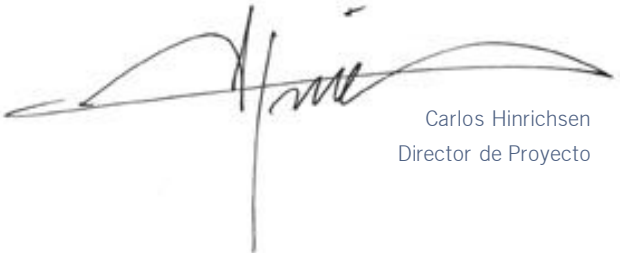
Este proyecto fue desarrollado en forma conjunta con INTEC y tuvo como objetivo generar condiciones de aplicabilidad del diseño concurrente y colaborativo en la PYME Chilena. Los resultados generados en el proyecto, tanto a nivel de productos, como de impacto tecnológico, social y económico, han demostrado la forma en que la aplicación del Diseño, especialmente bajo el modelo de concurrencia, permite apoyar a las PYMEs para obtener productos con alto valor agregado, con mejor calidad en diseño, con reducciones sustanciales en costos y tiempo de desarrollo. Además, ha permitido abrir e impulsar nuevos o potenciales mercados y oportunidades de negocios en el Área de Ayudas Técnicas. Con lo anterior, la industria nacional se fortalece, se complementa y se apoya para enfrentar con éxito la intensa competencia local o regional y los exigentes mercados internacionales.



El proyecto incluyó las acciones necesarias para diseñar los productos específicos que se utilizaron como Experiencia Piloto, en un esquema de trabajo colaborativo entre los participantes. A través de los Estudios de Casos, se contribuyó a hacer más atractivo para las PYMEs el sector de las Ayudas Técnicas, como una nueva área de negocios para el país, así como, una nueva área de innovación y desarrollo tecnológico a nivel nacional. Los siguientes fueron los estudios de casos desarrollados en este proyecto:

- En el área de sillas de ruedas, se desarrolló una silla multipropósito en base a un sistema de plataforma modular, lo que permitió que este producto fuera escalable a nivel de prestaciones o por tipo de usuario, dotándolo de una gran flexibilidad para adaptarse a distintos requerimientos o necesidades, logrando un producto con un “diseño robusto” para competir en los exigentes mercados internacionales.
- En el área de herramientas ergonómicas, se desarrollaron dos tipologías de productos. Una línea de cuchillos para el fileteado de carnes rojas y blancas, y una línea de herramientas de jardinería para la tercera edad. En ambos casos, estos nuevos productos pueden sugerir un nuevo eje de desarrollo para la pequeña y mediana industria en el país.
- En el área de componentes para órtesis y prótesis, se desarrollaron dos tipos de componentes, ganchos para prótesis y articulaciones para órtesis, en las cuales se estima que las PYMEs, trabajando en forma colaborativa podrían desarrollar ventajas competitivas en la región.

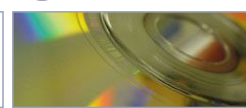
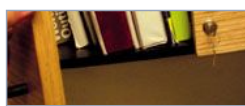
El eje del trabajo se desarrolló en el Centro de Diseño DuocUC, donde se cuenta con un equipo de trabajo experimentado y procedimientos para una correcta y eficiente transferencia tecnológica hacia las PYMEs, además, se está en condiciones de planificar futuras acciones con gran potencial de desarrollo, como son la formación de otros clusters temáticos con ventajas potenciales aplicando diseño concurrente. Es por ésto, que los resultados de este proyecto, tienen como propósito convertirse en una invitación concreta a las PYMEs de nuestro país, para que visualicen en el Diseño Concurrente una herramienta que les puede ayudar a mejorar la competitividad de productos y procesos, permitiendo la realización de productos más competitivos, con mejor calidad en diseño, con reducciones sustanciales en costos y tiempo de desarrollo, con mayores proyecciones en el mercado interno y menos sensibles a las fluctuaciones de los mercados internacionales, y también es una invitación al Gobierno, a las empresas y a las diferentes asociaciones empresariales a seguir participando y apoyando este tipo de iniciativas, para posicionar a Chile como líder en la región.



Carlos Hinrichsen  
Director de Proyecto

## IV·ABSTRACT

# RESULTS, DIFFUSION AND INFORMATION TRANSFERENCE



### 01/ RESULTS

The operational development of the project had a remarkable impact on the participating companies, including some new ones that became interested and joined the original group during the course of the project. This was possible as a result of a special communicational and result transfer effort as well as the structuring of the list of contacts and companies interested in the work done. Thus, the long-term objective of the project, i.e., the building of specific clusters around each of the subjects included in this pilot project, was boosted by proactively managing the generation of inter-company partnership arrangements.

Each part of the project generated specific results that are summarized below along with an account of the management of their spin offs.

It should be noted that a result common to the three parts of this project was the on-the-job training of a new group of students qualified on and familiarized with the technical aid area of design. This fosters and supports this attractive chance to increase value by using design as a source of innovation.

- 31 guideline meetings of the main operating team.
- 11 videoconference coordination meetings of the Santiago and Regional Sites of DuocUC.
- 7 progress presentations to the various companies and institutions supporting the project.

#### Wheelchairs with Lifting System

The primary result of this part of the FDI project was the design of a family of multipurpose wheelchairs equipped with a system that permits to take the user from a sitting to a standing position. As a result of the concurrent work of a multidisciplinary team encompassing areas of design, engineering, and manufacturing, constantly supported by KABAL and Fundacion TELETÓN. The main spin off from the wheelchair development is the awarding of the National Exports Contest co-financed by PROCHILE, which will permit to introduce the technical aid design developed under this project, and the prospecting of this market at the REHACARE 2002 fair in Germany. On the other hand, by using another one

of Corfo's financing instruments, specifically a FONTEC project for supporting the production of commercial prototypes of the family of wheelchairs was presented, to make good use of the fact that this is a product with a substantial technological innovation component. Another positive spin off achieved was the presentation of the entire development of the design of the range of wheelchairs at Instituto de Biomecanica de Valencia (IBV), Spain, in March 2002. Thus, the accomplished development was positively validated, laying the foundations for its future testing and certification under the European and ISO standards.

## Ergonomic Tools

---

The primary result of this part of the FDI project is the design and development of a set of ergonomic tools for beef cattle and fish slaughtering and meat cutting with the purpose of decreasing the occurrence of lesions caused by repeated exertion. Additionally, by making the most of the related information compiled, a set of ergonomic gardening tools for elderly people was developed.

As spin offs, the education of future professionals in the area of Industrial Design, oriented toward the Technical Aids Design, from DuocUC's Santiago, Viña del Mar, and Concepcion Sites turned out to be a great contribution in conceptual designs and precompetitive prototypes that, supported by the information and experience of ACHS.

## Protheses and Ortheses

---

The result of the design process, which encompassed the areas of component development research and optimization of the current sample taking process for the manufacture of protheses and ortheses, was characterized by the design and manufacture of interesting proposals of material prototypes that were evaluated by TELETÓN.

Both the training in the use of the Laser Scanner, intended for the whole network involved in the FDI project, and the online distance course provided by the main work team are examples of spin offs of this part of the project.

The participation of the PROTEX PYME, whose experience and collaboration made the training of students, teachers, and the whole team possible, doubtlessly constitutes another significant spin off from the project. It is expected to get another CORFO financing instrument in order to be able to transfer the knowledge of CAD/CAM and laser digitalization technologies to PROTEX production processes.

The Customer Service Center can be accessed through the project's Web Site, which is expected to act as a bridge between the supply and demand for PYME concurrent design, and to show the influence of this methodology on the increase of competitiveness and innovation throughout the country. In its different areas, the site provides information about the project, the participants, and the management of design in small and medium sized companies. Additionally, it includes a forum for registered users and a news and events zone.

Throughout the execution of the project, presentations related with it, as well as seminars conducted by international experts were constantly made. Worthy of special mention among the latter were the seminar "Bionics Applied to Design," delivered by the Italian expert, Mr. Carmelo Di Bartolo, at different sites of DuocUC; the seminar "Quality Function Deployment (QFD) and Value Analysis," by the Spanish expert, Mr. Josep Treserras, and the lecture on "Opportunities and Threats in the European Technical Helps Market," by the Spanish expert, Mr. Jose Vidal Garcia, from CEAPAT.

At the final workshop seminar, a presentation on the development of the whole project was made, explaining the concurrent design process as applied to its three parts. Mr. Carmelo Di Bartolo participated in this final event, discussing research issues about bionics applied to technical aids. Furthermore, both the results of the project and the management of spin offs were presented. Although the project was closed with this seminar, the Customer Service Center at [www.concurrente.cl](http://www.concurrente.cl) is expected to keep alive the economic and social spirit of this one as well as future related projects, to the advantage of both the productive sector and people with some degree of disability.

The results generated by the herein documented project at the product and social/economic levels, have shown how the implementation of design, especially under the concurrent methodology, permits to support the PYME sector (in this case, particularly KABAL) in achieving products with high added value, and reducing development times and costs.

Moreover, these results have permitted to open and promote new markets and opportunities for development in the technical aids area, thereby creating a cluster of subject matters under this heading, where people and organizations involved interrelate and strengthen one another. Thus, through the encouragement of these and other subject clusters, domestic industries grow stronger, and complement and support each other in successfully facing foreign competitors.

For this reason, the documented development and results of this project are meant to become a concrete invitation for the PYMEs in our country to envision Concurrent Design as a tool with which they can make their way in the short time and at low costs, with higher value products, in those very competitive markets they currently fear to face.

It is also an invitation for government enterprises and the Government itself to continue to support and participate in this kind of initiatives. In this way, the growth of the country is invigorated as market opportunities and national economy projections are strengthened.

It is most important to extend this invitation to professionals from different lines of business, and to institutions and associations of all kinds, for them to see the gathering of multidisciplinary teams as an opportunity to learn and lessen the stages of development processes, as well as a chance to generate expertise alliances.

Within the entire process of incorporating concurrent design as a competitiveness and development processes strengthening tool, DuocUC Design Center, CDDI, appears as a means of bringing together the potential or actual market needs and the technical-productive feasibility of a domestic company. CDDI possesses an experienced work force and procedures to correctly and effectively transfer technology to PYMEs, and is prepared to plan future compilation of other subject matter clusters with potential advantages by implementing concurrent design.

Finally, it should be noted that this project concerned the development of products for final users with complex conditions and variable degrees of disability who, in the end, are the great beneficiaries of this research that considerably increases the expectations for improvement of the life quality of disabled people.



Carlos Hinrichsen D.  
Project Leader

# V-BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



**BENDER, Leonard.** "Prótesis de la extremidad superior".

**CODDOU, Cecilia.** "La tercera edad aprende a envejecer". En boletín N°37.

[www.uchile.cl/facultades/medicina/boletin/boletin37/arti8.html](http://www.uchile.cl/facultades/medicina/boletin/boletin37/arti8.html)

"Enfermedades invalidantes de la infancia". En enfoque integral de rehabilitación, Sociedad Pro ayuda del niño lisiado, 1ª Edición, Enero 1995.

**SORLI, Mikel - RUIZ, Javier.** "QFD, una herramienta del futuro". LABEIN (Centro de Investigación Tecnológica), España, 1994.

"Un paso adelante, diseño para todos". En revista del CEAPAT (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas), España.

**GARCÍA, José Vidal.** Investigador de Mercados de CEAPAT, Madrid, España. "Diseño y Desarrollo de tecnologías de rehabilitación".

En el Instituto profesional DuocUC, Noviembre 2001, Santiago, Chile.

(En el marco del proyecto FDI).

**ACHS**

[www.achs.cl](http://www.achs.cl)

**CEAPAT** (Centro Estatal de Autonomía Personal y Ayudas Técnicas, IMSERSO, Madrid, España.)

[www.ceapat.org](http://www.ceapat.org)

**CORFO (Corporación de Fomento de la Producción)**

[www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)

**Ergonomi Design Gruppen**

[www.ergodesign.se/ergonomidesign.html](http://www.ergodesign.se/ergonomidesign.html)

**FONADIS** (Fondo Nacional de la Discapacidad)

[www.fonadis.cl/](http://www.fonadis.cl/)

**INE (Instituto Nacional de Estadísticas)**

[www.ine.cl](http://www.ine.cl)

**Ministerio de Salud**

[www.minsal.cl](http://www.minsal.cl)

**OIT (Organización Internacional del Trabajo)**

[www.ilo.org/public/spanish](http://www.ilo.org/public/spanish)

**OMS (Organización mundial de la salud)**

[www.who.int](http://www.who.int)

**Otros sitios en Internet**

[www.elmundo.es/diccionarios](http://www.elmundo.es/diccionarios)

[www.efsi.iteso.mx/salud/Nutrici\\_n/Antropometria/antropometria.html](http://www.efsi.iteso.mx/salud/Nutrici_n/Antropometria/antropometria.html)

Para obtener más información acerca del proyecto FDI C699-TC02, contactarse con el Centro de Diseño y Desarrollo Integrado (CDDI) de la Escuela de Diseño DuocUC.

[cddi@duoc.cl](mailto:cddi@duoc.cl)  
Fono: (56-2) 354 0441  
(56-2) 354 0480  
Fax: (56-2) 354 0478

Antonio varas 666  
Providencia  
Santiago, Chile



Publicación realizada por el  
Centro de Diseño y Desarrollo Integrado DuocUC

**CDDi**

Concepto visual, diseño y producción  
Roberto Yáñez F.

Fotografías  
CDDi DuocUC

Impresión  
Fyrma Gráfica  
Santiago, Chile

2002