



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO MECÁNICO**

**DISEÑO DE DISPOSITIVO MECÁNICO AUXILIAR PARA TRASLADO DE PACIENTES**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:**  
**CASTAÑEDA TENANGO JAVIER**

**TUTOR PRINCIPAL**  
**Dr. VICENTE BORJA RAMIREZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MÉXICO, D.F. AGOSTO 2013**

JURADO ASIGNADO:

**Presidente:** Dr. López Parra Marcelo  
**Secretario:** Dr. Ramírez Reivich Alejandro C.  
**Vocal:** Dr. Borja Ramírez Vicente  
**1<sup>er.</sup> Suplente:** Dr. Cuenca Jiménez Francisco  
**2<sup>d o.</sup> Suplente:** Dr. Espinosa Bautista Adrián

**Lugar o lugares donde se realizó la tesis:**

- Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería
- Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica
- Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro del IMSS

TUTOR DE TESIS: Dr. Vicente Borja Ramírez

**NOMBRE**

-----  
FIRMA

(Segunda hoja)



# Índice General

Índice General	i
Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas	vi
Resumen.	viii
Abstract.	viii
Objetivo General.	x
Justificación.	x
1.1 Introducción	2
1.1.1 Ventajas de la movilización de pacientes con equipo auxiliar	2
1.2 Dispositivos para traslado de pacientes	3
1.2.1 Guldmann Lifts	3
1.2.2 Patient Handling	4
1.2.3 Dispositivo para la elevación de inválidos.	5
2.1 Introducción	8
2.1.1 Movilización de pacientes	8
2.1.2.1 Complicaciones	8
2.2 Mecánica corporal	9
2.3 Técnicas de traslado de pacientes	10
2.3.1 Incorporación de un paciente en cama	10
2.3.2 Traslado del paciente de la cama a una silla	11
2.3.2.1 Actuación ante un paciente que colabora	12
2.3.2.2 Actuación ante un paciente que no colabora: parapléjicos	13
2.3.3 Traslado del paciente de la cama a una camilla	14
2.3.3.1 Actuación ante un paciente que colabora	14
2.3.3.2 Actuación ante un paciente que no colabora (movilización en bloque)	14
2.3.4 Técnicas de movilización con equipo auxiliar	16
2.3.4.1 Métodos de colocación del arnés con el paciente en decúbito lateral	16
2.3.4.2 Métodos de colocación del arnés con el paciente sentado	17
2.4 Investigaciones y Desarrollos Recientes	18
2.5 Sumario.	20
3. Metodología de diseño. Introducción	22
3.1 Proceso genérico de desarrollo de nuevos productos	22
3.1.1 La Voz del Cliente	23
3.1.2 La Matriz Necesidades-Métricas	25



---

3.2 Generación de Conceptos	26
3.2.1 Tormenta de Ideas	26
3.2.2 Evaluación de Conceptos	27
3.2.2.1 Evaluación con Base en la Factibilidad	27
3.2.2.2 Evaluación con Base en la Disponibilidad Tecnológica	28
3.2.2.3 Evaluación con Base en los Requerimientos del Cliente	28
3.2.2.4 Evaluación con Base en Matrices de Decisión	28
3.3 Sumario	29
4.1 Aplicación de la Metodología	31
4.1.1 Problemática	31
4.1.2 Identificación del cliente	31
4.1.3 Determinación de los requerimientos y expectativas del cliente	32
4.1.4 Traducción de las necesidades en términos medibles.	35
4.1.5 Matriz Necesidades-Métricas	37
4.1.6 Estudio comparativo	37
4.2 Generación de conceptos y obtención del concepto ganador	39
4.2.1 Identificación de las funciones del dispositivo	39
4.2.1.1 Identificación de Funciones Auxiliares o Subsistemas	39
4.2.3 Filtrado de conceptos	40
4.2.4 Evaluación de conceptos y selección de concepto ganador	42
4.3 Sumario	48
5.1 Introducción al Diseño a Detalle	50
5.2 Diseño mecánico de la columna principal	50
5.2.1 Selección del material y la forma de la columna principal	51
5.2.2 Determinación de la concentración de esfuerzos y desplazamientos en la columna	53
5.3 Diseño mecánico de la base móvil	56
5.3.1 Selección de la forma de la base	57
5.3.2 Diseño del grado de libertad rotatorio de la columna	59
5.4 Diseño mecánico del polipasto	62
5.5 Diseño mecánico del sistema de transmisión	69
5.6 Fabricación del prototipo	73
5.7 Pruebas en el hospital	78
5.7.1 Facilidad de maniobrabilidad	78
5.7.2 Facilidad para levantar a la persona y comodidad durante el traslado	79
5.7.3 Altura que alcanza el dispositivo para levantar al paciente	81
5.7.4 Tiempo de traslado	81

---



---

5.8 Oportunidades de mejora	82
5.9 Nuevas pruebas en el hospital	85
Conclusiones	88
Trabajo a futuro	91
Referencia	92



## Índice de Figuras

Figura 1.1 Unidades de levantamiento del Gulmann Lift	3
Figura 1.2 Componentes de rieles del Gulmann Lift	4
Figura 1.3 Accesorios de levantamiento del Gulmann Lift	4
Figura 1.4 Patient Handling	5
Figura 1.5 Dispositivo para la elevación de inválidos (Dunn, Clasificación A61G7/10, 2005).	6
Figura 2.1 Incorporación de un paciente	10
Figura 2.2 Colocación de los brazos durante el traslado	11
Figura 2.3 Partes de una silla de ruedas	12
Figura 2.4 Técnica de traslado de paciente de la cama a la silla	13
Figura 2.5 Traslado de la cama a la camilla	14
Figura 2.6 Traslado del paciente en bloque	15
Figura 2.7 Colocación de arnés en posición decúbito lateral	17
Figura 2.8 Colocación de arnés con el paciente sentado	17
Figura 2.9 Paciente cargado con una grúa (UMFyR Centro, 2012)	18
Figura 2.10 Máquinas portátiles de Rayos X y ultrasonido	19
Figura 2.11 Grúas terrestres	19
Figura 2.12 Grúas aéreas	19
Figura 3.1 Satisfacción del cliente	24
Figura 3.2 Matriz Necesidades-Métricas (Zäidi, 1993)	26
Figura 3.3 Evaluación de conceptos (Zäidi, 1993)	27
Figura 4.1 Traslados dentro del hospital	34
Figura 4.2 a) sillas especiales para ir al sanitario, b) pasillos del área de hospitalización, c) áreas de rehabilitación	35
Figura 4.3 Tipos de tecnologías disponibles en el mercado actual	38
Figura 4.4 Primer diseño conceptual	43
Figura 4.5 Grúa tradicional con mecanismo en Delta y polipasto	44
Figura 4.6 Grúa tipo montacargas	46
Figura 5.1 Dispositivo de traslado de paciente	50
Figura 5.2 Posibles configuraciones para la columna principal	52
Figura 5.3 Concentración de esfuerzos en la columna	54
Figura 5.4 Desplazamiento de la estructura en el eje Y	55
Figura 5.5 Desplazamiento de la estructura en el eje Z	55
Figura 5.6 Unión soldada entre el PTR y el tubo mecánico	56
Figura 5.7 Instalaciones del hospital	57
Figura 5.8 Posibles configuraciones de patas	58



---

Figura 5.9 Configuración de la base	58
Figura 5.10 Especificaciones del balero (Shangai Xinzhi Industrial Co.)	61
Figura 5.11 Balero Nachi H-30205J	61
Figura 5.12 Centrado de la columna con los bujes	62
Figura 5.13 Bujes de centrado de la columna	62
Figura 5.14 Polipasto factorial	64
Figura 5.15 Variante de polipasto factorial	64
Figura 5.16 Polea de acero inoxidable	65
Figura 5.17 Placa de las poleas	66
Figura 5.18 Concentración de esfuerzos en la placa de las poleas	67
Figura 5.19 Deformaciones en la placa	67
Figura 5.20 Configuración final del polipasto	68
Figura 5.21 Polipasto montado en la columna principal	68
Figura 5.22 Malacate manual	68
Figura 5.23 Propuesta de sistema de transmisión	69
Figura 5.24 Soporte de las poleas	70
Figura 5.25 Concentración de esfuerzos en la placa del soporte	71
Figura 5.26 Deformaciones en el soporte de las poleas	71
Figura 5.27 Soporte de las poleas	72
Figura 5.28 Sistema de elevación del paciente	72
Figura 5.29 Base móvil del dispositivo de traslado	73
Figura 5.30 Columna principal del dispositivo de elevación	74
Figura 5.31 Manufactura del barreno con la broca sierra	75
Figura 5.32 Sujeción del malacate a la columna principal	75
Figura 5.33 Polipasto (sistema móvil de poleas)	76
Figura 5.34 Arnés de sujeción del paciente	77
Figura 5.35 Dispositivo de traslado de pacientes terminado	77
Figura 5.36 Dispositivo a través de la puerta del cuarto	79
Figura 5.37 Colocación del arnés al sujeto de pruebas	80
Figura 5.38 Traslado de la cama a la silla de ruedas	80
Figura 5.39 Malacate eléctrico	82
Figura 5.40 Fuente de alimentación de corriente directa	83
Figura 5.41 Deformación en la parte media del travesañ	83
Figura 5.42 Nueva configuración de la base	84
Figura 5.43 Resultado de la segunda iteración del dispositivo de traslado de pacientes	85
Figura 5.44 El Jefe de Enseñanza usando el dispositivo como “paciente”	86

---



## Índice de Tablas

Tabla 4.1 Necesidades interpretadas del cliente.....	35
Tabla 4.2 Traducción de necesidades a términos mesurables de ingeniería .....	36
Tabla 4.3 Conceptos de Ingeniería para la primer función primaria.....	40
Tabla 4.4 Conceptos de Ingeniería para la segunda función primaria .....	40
Tabla 4.5 Conceptos de Ingeniería para la tercera función primaria .....	40
Tabla 4.6 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Cargar al paciente” .....	41
Tabla 4.7 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Transportar al paciente” .....	41
Tabla 4.8 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Asegurar la integridad física del paciente y del operario” .....	42
Tabla 4.9 Evaluación de conceptos para determinar al concepto ganador.....	47







---

## **Resumen.**

El propósito del presente proyecto es el desarrollar un sistema mecánico auxiliar para el personal dedicado al cuidado de los enfermos, enfocado principalmente al traslado de pacientes con incapacidad motriz. Se pretende solucionar 3 problemas principales: reducir las posibilidades de lesiones físicas en las personas involucradas en el traslado de los pacientes, desarrollar un sistema que tenga un precio accesible a todos los hospitales públicos y asegurar la integridad y la comodidad del usuario, ya que estos equipos están diseñados para personas con antropometría distinta a la del mexicano.

Para el desarrollo del dispositivo, se aplicaron metodologías de ingeniería de diseño que comprenden desde el análisis y evaluación de los requerimientos clientes hasta la fabricación y prueba de prototipos funcionales.

Durante el desarrollo del proyecto, se hará uso de los conocimientos adquiridos durante la Maestría en Diseño Mecánico para diseñar las partes y componentes que formarán parte del sistema auxiliar y los medios de control que permitirán una interacción entre todos los conjuntos para asegurar que el dispositivo traslade de forma segura al paciente de un lugar a otro.

## **Abstract.**

The purpose of this project is to develop an auxiliary mechanical system for personnel involved in the care of the sick, focused mainly on the transfer of patients with motor disability. It aims to address three main issues: reducing the chances of injury for people involved in the transfer of patients, develop a system with an affordable price to all public hospitals and ensure the integrity and user comfort, as these equipment is designed for people with anthropometry different from the Mexican.

For the development of the device, engineering design methodologies were applied, ranging from the analysis and evaluation of customer requirements to manufacturing and test of functional prototypes.

During the development of the project, all the knowledge acquired during the Master of Mechanical Design will be used to design the parts and components that form part of the auxiliary system and the controls which allows an interaction between all sets to ensure the device transfers the patient securely from one location to another.





---

## **Objetivo General.**

Diseñar, fabricar y probar un dispositivo auxiliar para la transferencia de pacientes con incapacidad motriz que pueda ser usado por personal de hospitales y clínicas especializadas y por familiares. El dispositivo auxiliará para el movimiento o transferencia de pacientes de o hacia sus camas, camillas o sillas de ruedas; tomando en cuenta los protocolos con los que cuente cada hospital con respecto a la movilización de pacientes.

## **Justificación.**

Dentro de los ambientes hospitalarios, es común el realizar traslados de pacientes de sus camas de reposo a otro tipo de mobiliarios (camillas, sillas) para llevarlos a otras áreas del hospital, tales como sanitarios o áreas de rehabilitación.

A pesar de las mejoras tecnológicas en el área de equipo médico, como máquinas de rayos X y ultrasonidos portátiles, aún siguen siendo necesarios los traslados. Las personas encargadas de llevar a cabo esta tarea (camilleros o enfermeras) deben estar altamente capacitados para realizarla sin problemas, de lo contrario, se corre el riesgo de comprometer la integridad física tanto de los pacientes como del personal sanitario.

Por otro lado, se han desarrollado nuevos dispositivos que auxilian a las personas encargadas de esta actividad. Pero existe el inconveniente de que estas máquinas que se encuentran disponibles en el mercado son de tecnología extranjera y resulta muy costoso adquirirlos para una institución nacional de salud. Esto también implica que están diseñados para las medidas antropométricas de usuarios extranjeros.

A partir de la identificación de esta problemática, se decidió diseñar un dispositivo mecánico que ayude a los especialistas a mover pacientes con alguna discapacidad motriz, que se ajuste a los requerimientos y condiciones específicas de los pacientes e instituciones de salud Mexicanas. Además, durante el desarrollo del proyecto, se estudiaron dispositivos comerciales existentes y se explorarán nuevas soluciones abriendo la posibilidad de desarrollar un producto innovador basado en tecnología original. Por otro lado, se considerará que el dispositivo sea de alta calidad, de un precio más bajo que los existentes en el mercado y de un mantenimiento más accesible. De esta manera, la inversión necesaria de las instituciones de salud pública (IMSS, ISSSTE) será menor para adquirir este dispositivo que el requerido para obtener sistemas similares extranjeros.





# ESTADO DEL ARTE

*En este capítulo se muestran los avances tecnológicos más importantes que se han logrado en los últimos años dentro del área del traslado de pacientes.*



---

## 1.1 Introducción

El traslado de pacientes dentro del ambiente de salubridad es una actividad frecuente que debe ser desarrollada por personal altamente calificado.

Esta actividad pasa por distintas situaciones: se puede tratar de un traslado de pacientes desde un sitio a otro, puede ser en el medio interhospitalario desde el lugar del accidente al hospital, o bien, en el ámbito intrahospitalario para trasladar al paciente desde su habitación a otras áreas del hospital.

Ambas actividades representan un peligro para la integridad física del paciente, pues muchos factores pueden afectarla. Sin embargo, es dentro de las instalaciones del hospital donde se pueden ver afectados los pacientes y las personas dedicadas a trasladarlos.

Estas personas, generalmente personal hospitalario, deben tener plenos conocimientos sobre la movilización y traslados de pacientes. Deben manejar conocimientos sobre traslado y técnicas de mecánica corporal para no comprometer su integridad y la de los enfermos.

En la actualidad, existen dispositivos que ayudan al personal a hacer esta tarea de una forma más segura y fácil. La aplicación de estas máquinas dependerá de las necesidades tanto de los pacientes como del hospital. Pero es innegable que estas nuevas tecnologías han llegado a revolucionar el mundo de los traslados de pacientes.

### 1.1.1 Ventajas de la movilización de pacientes con equipo auxiliar

En los últimos años, los traslados se han visto beneficiados con nuevas tecnologías que ayudan al personal a mover pacientes de formas más sencillas y rápidas.

Las ventajas al utilizar estas tecnologías son:

1. Se reducen las lesiones en el personal: Cuando se requiere movilizar a un paciente, lo más común es cargarlo con ayuda de 2 o más personas. Estas personas pueden ser personal sanitario o familiares del paciente. Pero si no cuentan con el entrenamiento adecuado, pueden lesionarse la espalda, brazos o piernas al realizar la maniobra. Éstas son las lesiones más comunes que presentan las personas que ayudan en la movilización de pacientes:
    - Dolores en espalda baja
    - Dolores musculares en espalda y brazos
    - Desgarre de ligamentos
-



- Lesiones en la columna
- Dolor en la cadera
- Dolor en hombros

Como se puede observar, son lesiones graves, ya que pueden dejar incapacitado y reducido el personal disponible para el traslado de pacientes.

2. Se procura la integridad del paciente en todo momento: dependiendo de la lesión que se haya sufrido será la forma en cómo deberá ser trasladado el paciente. Estas máquinas están diseñadas para adaptarse a cualquier paciente.
3. Los traslados son más rápidos: hay ocasiones en las que el personal hospitalario no podrá ayudar a los pacientes. Estos equipos están diseñados para ser operados por una sola persona y cualquiera puede manejarlos. Además, están disponibles para ser utilizados a cualquier hora del día.

## 1.2 Dispositivos para traslado de pacientes

Los nuevos equipos para traslado de pacientes están diseñados para adaptarse a cualquier usuario y para ejecutar un traslado más rápido y seguro.

Se han logrado grandes avances tecnológicos en este campo y, a continuación, se presentan algunos de estos adelantos que han cambiado los paradigmas convencionales sobre cómo realizar un traslado de pacientes.

### 1.2.1 Guldmann Lifts

Son dispositivos que se fijan al techo, son necesarios rieles en el caso de que se desee transportar al paciente. Se divide en módulos, los cuales son: Unidades de levantamiento, componentes de rieles y accesorios.

En las unidades de levantamiento (Figura 1.1) existen dos configuraciones: la primera es para fijar la grúa y que solo realice levantamiento, la segunda tiene un arreglo de rieles por los cuales el paciente es trasladado el paciente, así como su grúa que levanta al paciente. Máxima capacidad: 455 kg



Figura 1.1 Unidades de levantamiento del Gulmann Lift





En los componentes de los rieles (Figura 1.2) existe toda una gama de tipos y configuraciones para diseñar las rutas de transporte, existe cambios de riel, círculo de distribución de 4 direcciones, cambio de nivel de riel, todos los elementos de fijación de los mismos, etc.



Figura 1.2 Componentes de rieles del Gulmann Lift

Finalmente los accesorios de levantamiento (Figura 1.3) tienen diferentes arreglos para el que se fija al cable de la grúa contando desde 2 hasta 4 brazos según sea el peso necesario a levantar. También cuenta con tipos de soporte de paciente, desde camas rígidas hasta simples mantas.

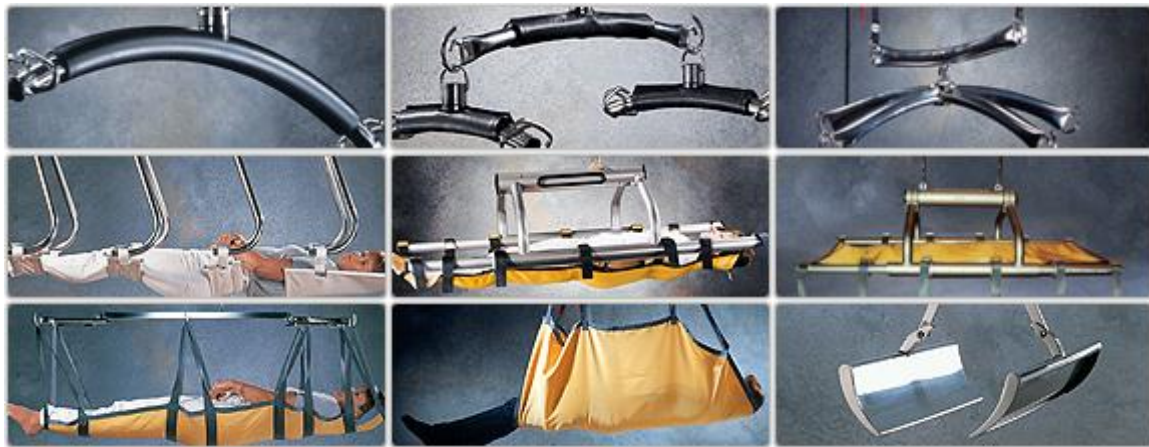


Figura 1.3 Accesorios de levantamiento del Gulmann Lift

### 1.2.2 Patient Handling

Son equipos modulares integrales, de una sola pieza que cuentan con levantamiento y transporte de pacientes (Figura 1.4). Existen diferentes configuraciones para levantar el paciente. Todos los equipos proporcionan la fuerza para levantar al paciente de manera eléctrica, contando con una batería que suministra potencia a un motor y éste a su vez desplaza el vástago de un pistón. El promedio de peso que logra levantar es de 150 kg. La única parte que no es modular es el sistema de soporte del paciente, ya que cuenta con varias geometrías según sean las especificaciones y necesidades del paciente. En el caso del dispositivo más completo de esta gama, cuenta con un sistema de paro de emergencia, ruedas giratorias de 360 grados de las cuales las dos traseras tienen un seguro de freno, también cuenta con dos velocidades de levantamiento y dos posibilidades de uso; para levantamiento o traslado de pacientes.

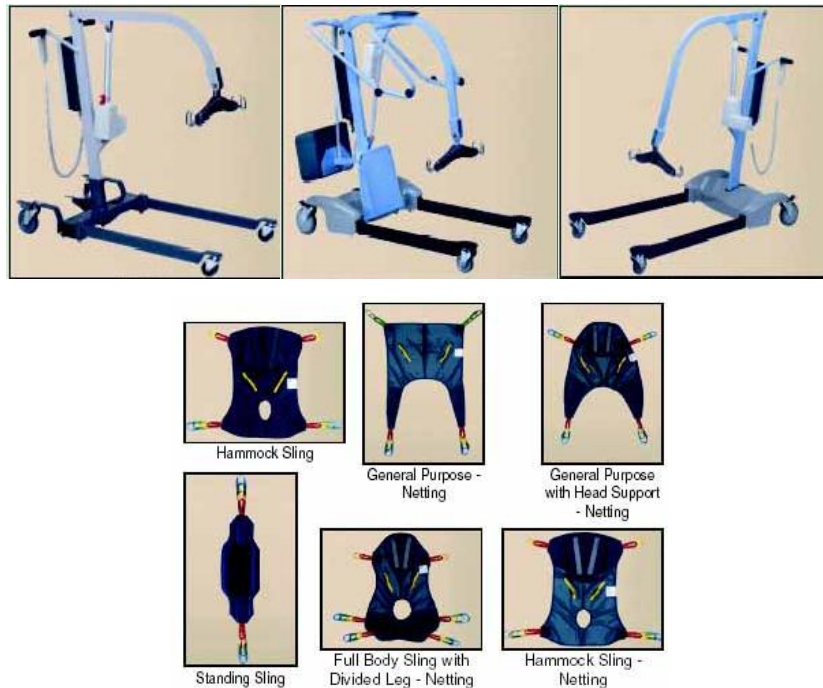


Figura 1.4 Patient Handling

### 1.2.3 Dispositivo para la elevación de inválidos.

Un dispositivo para la elevación de inválidos (Figura 1.5) que consta de un chasis móvil (10), un mecanismo elevador (15) y una eslinga (34) conectable al mecanismo elevador para al menos ayudar al levantamiento de una persona sentada hasta alcanzar una posición erguida o sustancialmente erguida, en el que el mecanismo elevador conste de un brazo elevador (25, 26) y de un dispositivo accionador (27) operativo para subir y bajar el brazo elevador, pudiendo girar el brazo elevador alrededor de un primer y un segundo eje horizontales, estando el primer eje horizontal más alejado del extremo más saliente del brazo elevador que el segundo eje horizontal, caracterizados en que el primer eje horizontal tiene un grado limitado de movimiento suficiente para permitir que el segundo eje se desplace a lo largo de un riel-guía rectilíneo o en forma de S y mediante artilugios (28, 29) que definen el riel-guía a lo largo del cual se ve forzado a moverse el segundo eje horizontal según eleve o descienda el brazo elevador el dispositivo actuante.

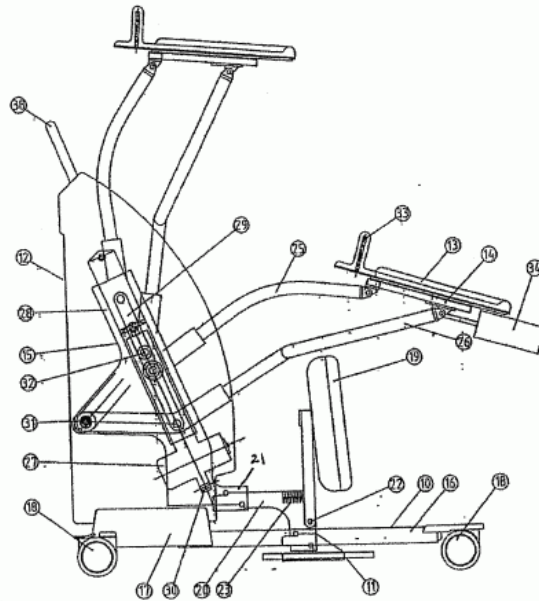


Figura 1.5 Dispositivo para la elevación de inválidos (Dunn, Clasificación A61G7/10, 2005).

## 1.2 Objetivos del proyecto y organización de la Tesis

El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar un dispositivo que facilite al personal hospitalario a realizar el traslado de pacientes de su cama a otro mobiliario. La máquina debe resolver todas las necesidades y expectativas de los posibles usuarios. Para poder realizar lo anterior, este trabajo se ha dividido en las siguientes secciones:

En el capítulo 2, Marco Teórico, se da una introducción formal a los aspectos involucrados durante el traslado de un paciente, el equipo con el que debe contar el hospital y técnicas de movilización, manuales y con ayuda de equipo especializado.

En el capítulo 3, Metodología de Diseño, se da una explicación de la metodología “Proceso Genérico de Desarrollo de Productos”. Esta metodología es la que ayudara al equipo de trabajo a entender las necesidades de los posibles usuarios para diseñar un producto que este a la altura del cliente.

En el capítulo 4, Aplicación de la Metodología: Diseño Conceptual, se aplicaran cada uno de los pasos descritos en el capítulo anterior para encontrar una solución adecuada al problema. Se generara un concepto ganador que proporcione una solución satisfactoria a las necesidades planteadas en el mismo capítulo.

En el capítulo 5, Diseño a Detalle, se calcularan y analizaran todas las piezas o partes que se puedan ver involucradas durante el traslado. Esto con el objetivo de asegurar que el dispositivo resistirá las fuerzas a las que será sometida sin llegar a deformarse o romperse.



# Marco Teórico

*En este capítulo se muestran los antecedentes de la movilización de pacientes, así como los conceptos necesarios para tener un panorama más amplio sobre esta disciplina.*



## 2.1 Introducción

Para poder dar una solución satisfactoria al problema que se tiene en manos, es necesario analizar las distintas técnicas de movilización de las que el personal sanitario se vale para trasladar a los pacientes. También es necesario analizar los diferentes tipos de pacientes, pues cada uno es distinto de los demás y se necesitan cuidados especiales durante el traslado.

### 2.1.1 Movilización de pacientes

En los últimos años, el desarrollo tecnológico permite una gran independencia de trabajo en las unidades hospitalarias, como por ejemplo la realización de Rayos X portátiles, ecografías, endoscopias, etc. Estos medios benefician al paciente al no ser trasladado de su cuarto de reposo a otras áreas del hospital, pero a pesar de estas nuevas tecnologías, muchos medios de diagnóstico aun no pueden llegar a las camas de los pacientes y por lo tanto sigue siendo necesario el transporte del paciente dentro de las distintas áreas del hospital (intrahospitalario) e incluso entre hospitales (interhospitalario).

“El transporte intrahospitalario de pacientes se define como el movimiento de pacientes dentro del propio hospital, que puede originarse desde las distintas áreas del mismo y cuya finalidad es la realización de pruebas diagnósticas y/o terapéuticas que no se pueden realizar en las salas de reposo a pie de cama” (Melero, 2011).

La movilización involucra varios riesgos para el paciente pues se pueden presentar complicaciones en su estado físico, por lo que es necesario, antes de indicar la realización de cualquier procedimiento que conlleve a un desplazamiento del paciente, valorar el beneficio a obtener y el riesgo que esto implica.

#### 2.1.2.1 Complicaciones

Todo traslado de pacientes está expuesto a posibles complicaciones e imprevistos durante el mismo, al igual que involucra una serie de riesgos que deben ser valorados antes de tomar la decisión de moverlo de su cama. Los riesgos a los que se somete el paciente durante el traslado pueden ser minimizados gracias a la planificación, el uso de un equipo calificado y a la utilización de material adecuado en cada circunstancia.



Por otro lado, los efectos del movimiento que implica todo transporte del paciente pueden ser directos o indirectos: dolor, incomodidad y el propio estímulo del movimiento pueden afectar de manera negativa las condiciones del paciente, mientras que la rapidez del movimiento y la limitación del mismo probablemente reducen las necesidades del paciente para mantenerse estable durante el traslado.

## 2.2 Mecánica corporal

Como se ha podido observar, si no se trata con el debido cuidado a los pacientes, estos pueden sufrir lesiones durante un traslado. Pero ellos no son los únicos que pueden lesionarse, también el personal hospitalario está expuesto a estas situaciones si no se cuenta con los conocimientos adecuados de mecánica corporal y de movilización de pacientes.

Un conocimiento de la mecánica corporal es esencial para muchas actividades que se realizan dentro de las instalaciones del hospital, pues como menciona Wieck, King & Dyer (1989): “la aplicación práctica de estos conocimientos permitirá la paciente y al personal sanitario conservar energías, preservar el tono muscular y la movilidad de las articulaciones y adquirir hábitos de movimiento y elevación que no causen traumatismos a los músculos, ligamentos y articulaciones”

Para el personal del hospital, actividades como mover a un paciente de su cama y colocarlo en otros dispositivos (camillas, sillas de ruedas, camas para baño), pueden realizarse de manera más rápida, sencilla y sin dolor si se aplican los conocimientos adecuados de mecánica corporal, si no, los efectos de mover o levantar inapropiadamente pueden acarrear serias complicaciones que van más allá de simples dolores.

Es alta la cifra de lesiones en espalda y no se sabe si estas personas ignoraban la forma de mover y levantar apropiadamente o incurrieron en descuidos al aplicar dichas técnicas. Es más probable que tuvieran conocimiento de ellas, pero no las habrían practicado con bastante frecuencia para que llegaran a ser una destreza automática, como el manejar un automóvil. En todo caso, los profesionales de la sanidad deben aprender y ejecutar regularmente los seguros, prácticos y eficientes métodos de mover y levantar pacientes.

Es evidente que la necesidad de esta información es aún más crucial cuando se trabaja en el campo de la rehabilitación. Muchos de los pacientes hospitalizados serán dependientes de una persona que





los ayude a moverse para hacer su vida cotidiana. Como resultado de esto, el personal deberá tener los conocimientos adecuados de traslado, ambulación y actividades de sentado.

## 2.3 Técnicas de traslado de pacientes

Existen numerosas variedades de técnicas. La elección de una u otra, estará en función de las características del paciente (tamaño, capacidad para obedecer instrucciones, fuerza muscular, movilidad articular, etc.) y de las habilidades y destrezas del personal hospitalario. No se debe olvidar que durante el traslado, se deben garantizar tanto la seguridad del paciente como la del personal.

A continuación se analizarán más a detalle las distintas técnicas de traslado y se dividirán en dos casos principales: cuando el paciente esta consiente y puede ayudar y cuando está completamente paralizado y no puede cooperar.

### 2.3.1 Incorporación de un paciente en cama

Una de las actividades diarias más comunes del personal al cuidado de pacientes es incorporar a un paciente (figura 2.1). Pueden hacerse ciertas actividades para reducir el esfuerzo, tanto del personal como del paciente.



Figura 2.1 Incorporación de un paciente

En general, estas son las actividades que se realizan para ayudar a mover al paciente; en capítulos posteriores, se analizaran con mayor detalle las técnicas apropiadas para moverlo:

Cuando el paciente puede ayudar, debe solicitársele que lo haga. Una forma es que doble una de las piernas o las dos y empuje hacia abajo con los pies y brazos para incorporarse de la cama.



Es muy común que el personal ayude al paciente a moverse cuando este sufre cierto grado de debilidad generalizada. Es probable que el paciente pueda ayudar en el movimiento, aunque el esfuerzo sea demasiado grande para hacerlo él solo.

Si el paciente está muy débil, generalmente se necesitan 2 ayudantes. Es importante que el personal sepa exactamente donde colocar sus brazos para no ocasionar más daños al paciente (Figura 2.2)

Si el paciente es muy pesado, puede que se necesite una tercera persona para mover las piernas del paciente.

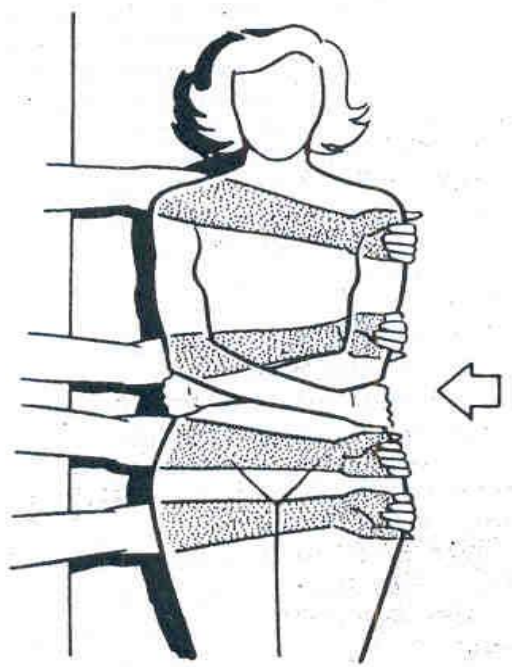


Figura 2.2 Colocación de los brazos durante el traslado

### 2.3.2 Traslado del paciente de la cama a una silla

Antes de trasladar al paciente a una silla de ruedas, el camillero deberá tener plenos conocimientos sobre este dispositivo (Figura 2.3) para no comprometer aún más la integridad física del enfermo:

1. Bloquear siempre los frenos de ambas ruedas de la silla al sentar o levantar pacientes.
2. Levantar los apoyos de los pies antes de trasladar al paciente a la silla de ruedas.
3. Bajar dichos apoyos tras el traslado, y colocar los pies del paciente sobre ellos.
4. Asegurarnos que el paciente está sentado bien atrás sobre el asiento de la silla de ruedas.
5. Utilizar cinturones que se atan por detrás de la silla para proteger a los pacientes confusos de posibles caídas.



6. Para entrar o salir de un ascensor, siempre la parte posterior por delante, con las ruedas traseras grandes primero.
7. Colocar nuestro cuerpo entre la silla de ruedas y el final de una pendiente.

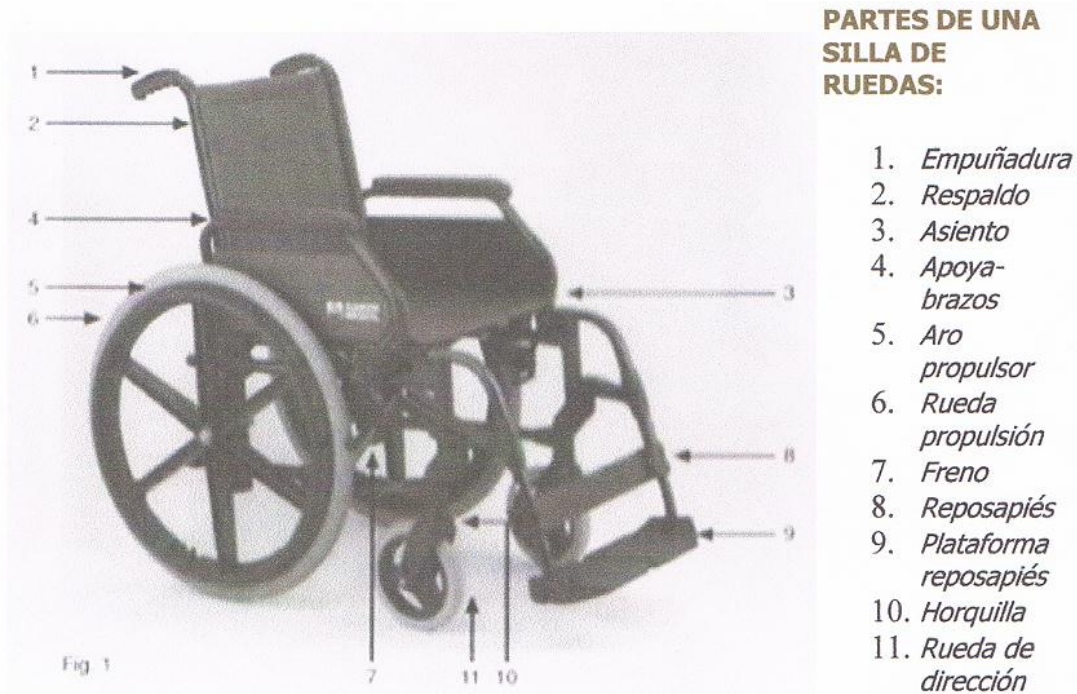


Figura 2.3 Partes de una silla de ruedas

### 2.3.2.1 Actuación ante un paciente que colabora

1. Es suficiente un camillero.
2. Situar el sillón o silla de ruedas próximo a la cama, a la altura de los pies.
3. Ayudar al paciente a sentarse a la orilla de la cama.
4. Comprobar que el paciente no se maree en esa posición.
5. Colocarle la bata y los zapatos.
6. Situarse frente al paciente. El camillero le sujetará por la cintura con ambos manos, mientras que el paciente se apoya en los hombros (figura 2.4).
7. Girar simultáneamente con el paciente, hasta situarle delante del sillón o silla de ruedas donde se sentará.
8. Acomodarle.



Figura 2.4 Técnica de traslado de paciente de la cama a la silla

### 2.3.2.2 Actuación ante un paciente que no colabora: parapléjicos

1. Son necesarios dos camilleros.
2. Colocar la cama en posición.
3. Situar el sillón o silla de ruedas, paralelo junto a la cama, con el respaldo próximo a la cabecera.
4. Si se trata de una silla de ruedas, retirar el soporte del brazo próximo, levantar los soportes de los pies y frenarla.
5. Un Auxiliar se situará detrás del respaldo de la silla o sillón y otro frente a él.
6. El primer camillero colocará sus brazos bajo las axilas del paciente, sujetándole con las manos por el extremo inferior de los antebrazos, que el paciente tendrá cruzados sobre el tórax.
7. El segundo camillero le sujetará por debajo de los muslos.
8. En un movimiento simultáneo, trasladará al paciente a la silla o sillón, sin arrastrarle, donde quedará acomodado.

### 2.3.3 Traslado del paciente de la cama a una camilla

El transporte desde la camilla hasta la cama se realiza de la forma que a continuación se describe:

#### 2.3.3.1 Actuación ante un paciente que colabora

1. Situar la camilla, cubierta con una sábana, en paralelo a la cama y frenar ambas para evitar desplazamientos imprevistos (Figura 2.5).
2. Pedir al paciente que se deslice hasta la camilla, en cuya tarea colabora el camillero.
3. Si el movimiento es de la camilla a la cama, ejecutarán los pasos anteriores de manera inversa

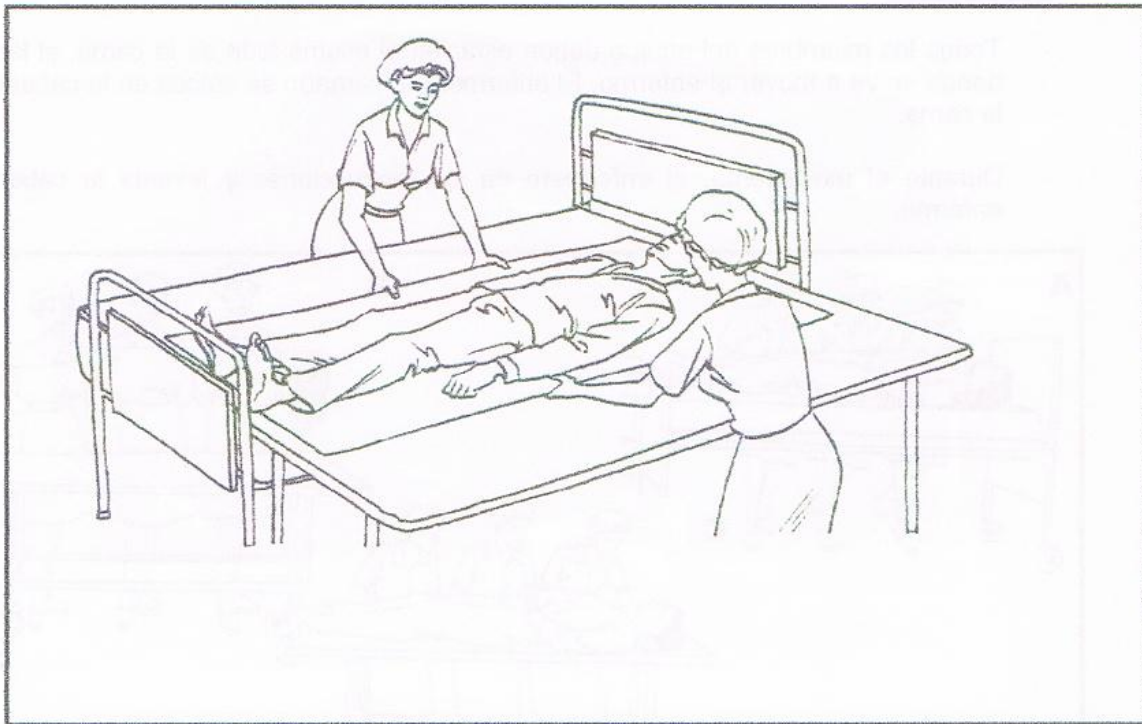


Figura 2.5 Traslado de la cama a la camilla

#### 2.3.3.2 Actuación ante un paciente que no colabora (movilización en bloque)

El movimiento del paciente en bloque, mostrado en la figura 2.6, es un procedimiento que se emplea cuando es preciso que el cuerpo conserve una alineación recta, como es el caso de personas con presunta lesión de columna, teniendo sumo cuidado para no provocar más lesiones.

Esta técnica requiere la colaboración de dos camilleros, o incluso tres, si el paciente es muy alto.



### Levantamiento en bloque por tres personas:

1. Primero hay que valorar al paciente y sus características antes de iniciar el procedimiento.
2. Hay que colocar la camilla perpendicularmente a la cama de forma que contacten los pies con la cabeza. Puede utilizarse dos posiciones: pies de la cama con cabecera de la camilla, o cabecera de la cama con pies de la camilla.
3. Las tres personas se colocarán del mismo lado de la cama/camilla con los pies separados y uno delante del otro.
4. Se colocan los brazos del paciente sobre el pecho, así conseguimos que los brazos no se lesionen al no quedar atrapados bajo el cuerpo.
5. La primera persona se coloca a la altura de los hombros y pasa un brazo debajo del cuello y hombros y el otro bajo la cintura. La segunda persona pasa un brazo bajo la cintura y el otro bajo los glúteos. La tercera persona colocará un brazo bajo los muslos y el otro bajo las piernas.
6. Hay que trasladar al paciente en un movimiento simultáneo y con el mismo paso a la voz del que dirige la operación, se depositará con suavidad.
7. Existe una variante en la que una vez levantado al paciente, una cuarta persona, coloca la camilla junto a los pies de los que lo levantan y debajo del paciente; en el caso de sacar al herido de la camilla lo que haría sería retirar la camilla.

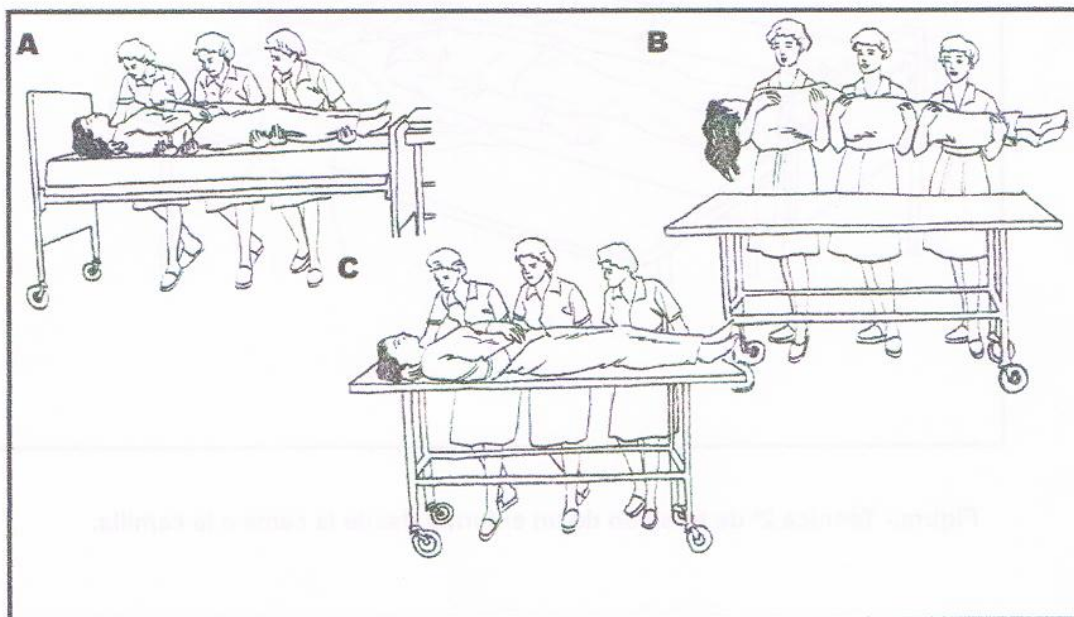


Figura 2.6 Traslado del paciente en bloque



## **Levantamiento en bloque por dos personas**

Esta técnica en el caso de pacientes politraumatizados sólo puede realizarse cuando han sido descartadas con certeza las lesiones medulares o cervicales.

1. Ambas personas se colocan en el mismo lado del enfermo; debajo de la parte alta del dorso (cuello y hombro); el segundo, pasará sus brazos debajo de los muslos y piernas.
2. A la voz del que dirija, elevarán al paciente y lo transportarán con movimientos simultáneos a la camilla.

### **2.3.4 Técnicas de movilización con equipo auxiliar**

La movilización de enfermos puede suponer para los profesionales encargados de la misma una tarea dura y peligrosa, pudiendo provocar frecuentemente lesiones de columna. Para evitar estas situaciones, existe un elemento auxiliar del que dispone el personal sanitario para movilizar al enfermo dependiente con la mayor seguridad y menor riesgo de lesiones para él y para sus cuidadores.

El personal sanitario deberá actuar correctamente dependiendo de la posición en la que se encuentre el paciente. A continuación, se describirán los métodos utilizados para cargar y trasladar pacientes con ayuda de equipo mecánico auxiliar (Díez García, 2011).

#### *2.3.4.1 Métodos de colocación del arnés con el paciente en decúbito lateral*

Cuando el paciente se encuentre reposando en su cama, estos son los pasos que se deberán seguir para levantarlo con el dispositivo:

1. Girar al enfermo en decúbito lateral (en enfermos con fractura de cadera, colocar una almohada doblada entre las piernas, para evitar que las junte), colocar el arnés y una entremetida si el enfermo no la tuviese hacia la mitad, luego hacerlo girar hacia el decúbito contrario y acabar de estirar el arnés y entremetida.
2. Luego las bandas de las piernas, se pasan por debajo de ambas piernas y se entrecruzan, la de la pierna derecha para colgar en el gancho izquierdo y la de la pierna izquierda en el gancho derecho.

*Es muy importante que en enfermos con fractura de cadera las piernas queden separadas por eso se entrecruzan las cintas del arnés.*

En la figura 2.7 se muestra la posición que debe adoptar el paciente para colocar el arnés





Figura 2.7 Colocación de arnés en posición decúbito lateral

#### 2.3.4.2 Métodos de colocación del arnés con el paciente sentado

En caso de que el paciente este sentado (Figura 2.8), así procederá el personal sanitario:

1. Incorporar al enfermo hasta la posición de sentado, colocar el arnés de arriba-abajo, por debajo de una sábana entremetida, hasta la altura de la cintura.
2. Acostar de nuevo al enfermo y hacer pasar las bandas de las piernas, justo por debajo de los muslos y cruzarlas como en el método de decúbito lateral.
3. Una vez colocado el arnés al enfermo por uno u otro método, elevar un poco el brazo de la grúa, y acercar a la cama o silla desde donde se desee movilizar al enfermo y colocar las bandas más cortas (hombros) en los enganches del lado correspondiente o en la percha supletoria si se dispone de ella, en la posición más corta, es decir, más cercana al cuerpo del arnés. Y a continuación las bandas más largas (piernas) en la posición más alejada, o sea, la de la punta de la banda y entrecruzarlas de modo que la derecha se coloque en el enganche izquierdo y la izquierda en el derecho, así el enfermo irá sentado al elevarlo.

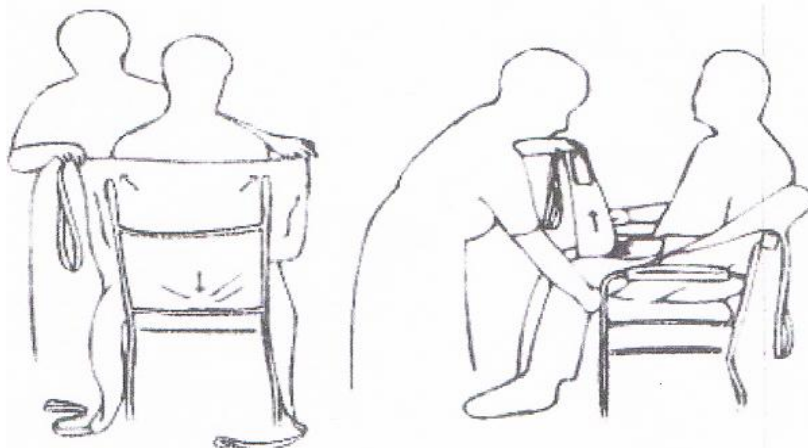


Figura 2.8 Colocación de arnés con el paciente sentado



Una vez que el arnés ha sido colocado al paciente, se puede enganchar a la grúa (Figura 2.9). Se tiene que elevar con suavidad, hasta una altura de separación entre la cama y el enfermo, abrir las patas de la grúa para aumentar el radio de estabilidad de la misma y procurar mayor seguridad en el traslado; transportar al enfermo, hasta el sillón o viceversa; situar encima del sillón y descender, hasta la posición de sentado, uno de los auxiliares procurará que quede bien sentado tirando de las agarraderas de las que dispone el propio arnés.

En el supuesto de que el enfermo necesite sujeción adicional y pudiendo dejarle puesto el arnés, se usarán las bandas largas de las piernas, para sujetar en los brazos del sillón, de este modo el enfermo no se escurrirá del sillón con tanta facilidad.



Figura 2.9 Paciente cargado con una grúa (UMFyR Centro, 2012)

## 2.4 Investigaciones y Desarrollos Recientes

En nuestro país, lamentablemente no se cuenta con alguna empresa que se dedique al diseño y fabricación de equipo médico. Los dispositivos para trasladar pacientes generalmente son comprados o rentados de empresas extranjeras, lo que incrementa sus precios de adquisición.

Existe un caso especial de fabricación de “equipo médico” mexicano para trasladar pacientes, pero estas máquinas son caseras, por lo tanto, no se puede asegurar con toda certeza que realizan su función sin dañar al paciente o al operario. No hay que olvidar que este tipo de maquinaria debe estar diseñada bajo estrictas normas de calidad.

Con respecto al ámbito global, diferentes países se han dado a la tarea de diseñar dispositivos móviles para minimizar los traslados de los pacientes a otras áreas del hospital, por ejemplo, se han

diseñado diferentes equipos móviles de diagnóstico médico, como máquinas de Rayos X o ultrasonidos (Figura 2.10)



Figura 2.10 Máquinas portátiles de Rayos X y ultrasonido

Sin embargo, estos adelantos no eliminan al 100% la necesidad de trasladar a los pacientes. En los casos cuando es necesario llevar al paciente a otras áreas hospitalarias (sanitarios, áreas de rehabilitación) se recurre a las llamadas “grúas”. Existen dos tipos de grúas: las “terrestres” (Figura 2.11) y las “aéreas” (figura 2.12). Dependerá de las capacidades del hospital (tipo de instalaciones, capacidad monetaria) y de las necesidades de los enfermos, el adquirir una u otra grúa.



Figura 2.11 Grúas terrestres



Figura 2.12 Grúas aéreas





## 2.5 Sumario.

El traslado dentro de los hospitales es una actividad presente en la vida cotidiana de los pacientes internados. Es por ello que se le debe dar especial atención a esta actividad para ayudar a los pacientes a hacer más fácil su estancia cuando son dependientes de los camilleros o enfermeras.

Los adelantos tecnológicos, tales como ecogramas, máquinas de rayos X y ultrasonidos móviles, reducen enormemente la necesidad de traslados, pues son las maquinas las que son llevadas a las áreas de recuperación del hospital. Sin embargo, no eliminan la necesidad de traslados al 100%.

Existe una gran variedad de dispositivos auxiliares en el mercado. Todos ofrecen diferentes características que deberán ser analizadas para elegir el que mejor se adapte a las necesidades del hospital y de los pacientes. Pero habrá ocasiones en las que ningún dispositivo las cumplirá por completo.

Ahora que ya se tienen los conocimientos necesarios sobre las ventajas y los diferentes tipos de máquinas que el mercado ofrece, se procede a proponer una solución al problema de los traslados hospitalarios, utilizando la metodología de diseño que proporcione la mejor solución a las necesidades de los posibles clientes.



# Metodología de Diseño

*En este capítulo se estudiará a grandes rasgos la metodología de diseño que se utilizará para proponer un dispositivo que satisfaga en su totalidad las necesidades de los posibles clientes*



---

### **3. Metodología de diseño. Introducción**

En los capítulos anteriores, se establecieron las bases con las cuales se conoció a fondo el problema. Se analizó el pasado, el presente y el posible futuro de los traslados intrahospitalarios, se analizaron las técnicas de movilización y traslado más utilizadas en los hospitales y por último se profundizó en las tecnologías disponibles para hacer del traslado una tarea más cómoda tanto para los pacientes como para los camilleros.

Una vez que se ha entendido a la perfección el problema que se tiene en manos, se procedió a aplicar la metodología de diseño más apropiada para darle una solución satisfactoria.

En este caso, se utilizó una metodología especial, la cual tiene como base el llamado “Proceso genérico de desarrollo de nuevos productos”.

#### **3.1 Proceso genérico de desarrollo de nuevos productos**

El proceso genérico de desarrollo de productos nace de la necesidad de las empresas de éxito económico. Dicho éxito depende de la capacidad para identificar las necesidades de los clientes y rápidamente crear productos que satisfagan esas necesidades y que se puedan producir a bajo costo.

Tal como lo menciona (Ulrich & Eppinger, 2008), “alcanzar estas metas no es solo un problema de mercadotecnia, ni tampoco un problema de diseño o un problema de manufactura; es un problema de desarrollo de productos que comprende todas estas funciones”.

En conclusión, el enfoque central de esta metodología de diseño es crear una estructura robusta que permita lograr la mejora continua involucrando al cliente en el proceso de mejora. Es una práctica para diseñar los procesos en respuesta a las necesidades de los clientes, se traduce lo que el cliente quiere en lo que la organización produce y le permite a una organización priorizar las necesidades de los clientes, encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades y mejorar procesos hasta una efectividad máxima. Es una práctica que conduce a mejoras del proceso que le permiten a una organización sobrepasar las expectativas del cliente.

Lo que se pretende es traducir los requisitos del cliente en características cualitativas para poder traducirlas al lenguaje de la organización y así determinar cuál es el diseño del proceso mejorado.



---

Este proceso genérico tiene 2 propósitos:

- Desplegar la calidad del producto o servicio, es decir, el diseño del producto y del servicio sobre la base de la “voz del cliente”.
- Desplegar la función de calidad en todas las actividades y funciones de la administración de la empresa.

Para capturar la “voz del cliente” pueden utilizarse diversos medios como son las entrevistas, encuestas, grupos focales, especificaciones del cliente, observaciones, reportes, etc.

En el Proceso Genérico de Desarrollo de Productos, lo primero que se hace es considerar “qué” exigencias técnicas (y en qué niveles, cuantificados con unidades de medida claramente especificadas) se derivan de tales funciones para el usuario o de las funciones “técnicas” del producto que también se han debido inferir a partir de las orientadas directamente al usuario.

### **3.1.1 La Voz del Cliente**

En los procesos de servicios, la satisfacción del cliente se obtiene al cumplir con sus requerimientos al momento que se le brinda el servicio, por lo que se debe realizar la investigación de sus necesidades en el momento que interactúa con ellos, para que así no se pierda información cualitativa y se tenga la capacidad de encontrar las variables de decisión correctas.

Noriaki Kano crea un modelo de la satisfacción del cliente como una técnica de la gestión y de la comercialización de la calidad que se puede estudiar para medir la calidad percibida por el cliente. Según este modelo existen seis categorías de las cualidades de la calidad.

Para satisfacer al cliente se debe entender cómo el conocimiento de sus requerimientos afecta su nivel de satisfacción. Existen distintos tipos de requerimientos que de manera general se pueden clasificar en:

**Requerimientos revelados**, es el que se obtiene al preguntarle al cliente que es lo que quiere o espera. De acuerdo a las características del servicio se clasifica en que si causan el contento o descontento del cliente. Se encuentran los factores que causan la satisfacción cuando se tiene un alto desempeño y causan el descontento cuando se tiene un desempeño pobre (figura 3.1).



**Requerimientos básicos**, en ocasiones son tan básicos que el cliente tiende a no mencionarlos hasta que no se cumple con ellos. Existen expectativas básicas dentro de un servicio que le dan valor al mismo. Por lo que cumplir con este requisito pasa inadvertido ante el consumidor hasta el momento en que no se satisfacen.

**Requerimientos excitantes**, son difíciles de encontrar ya que están fuera de las expectativas del cliente y por lo tanto su ausencia no crea descontento. Pero su presencia logra excitar al cliente y motivarlo a seguir disfrutando del mismo servicio.

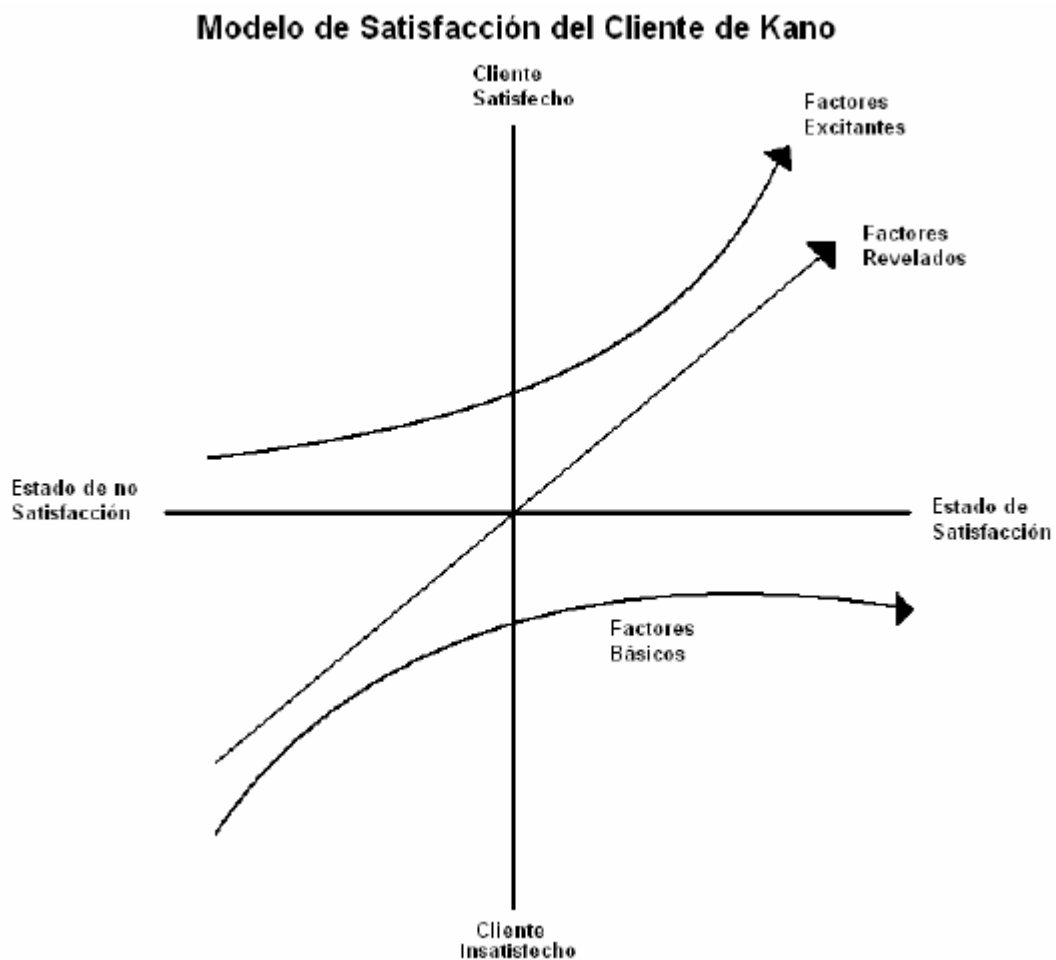


Figura 3.1 Satisfacción del cliente

Dentro del Proceso Genérico, éste modelo permite identificar cada uno de los requerimientos del cliente tomando en cuenta sus necesidades con base a la *naturaleza del servicio*.



Para conocer los requerimientos del cliente con el Proceso Genérico de Desarrollo de Productos, se realizan matrices que en distintos pasos crean las relaciones necesarias para llegar a la correspondencia final entre la calidad demandada por el cliente y las características de calidad.

### **3.1.2 La Matriz Necesidades-Métricas**

La matriz Necesidades-Métricas (figura 3.2) es un elemento clave de la “Casa de la Calidad”, técnica gráfica que se emplea en el QFD (Despliegue de la Función de Calidad). Ésta matriz nos permite relacionar la “voz del cliente” (sus exigencias o expectativas) con la “voz del ingeniero” y así encontrar los cambios que se deben hacer al proceso de diseño para llegar a la mejora deseada. Su función consiste en presentar en forma visual las relaciones entre distintos tipos de datos.

De esta matriz se pueden identificar 4 partes principales, en donde se relaciona lo que el cliente quiere, cuánto de cada requerimiento se le puede ofrecer y cómo.

1. Los “Qué”: Esta es la etapa del proceso en la que se determinan los requerimientos del cliente. Debe tenerse cuidado al elaborar esta lista ya que muchos clientes declaran sus requerimientos como una solución al problema que se les presenta en lugar de una declaración de valor al servicio.
2. Los “Como”: se trata de encontrar las especificaciones de desempeño necesarias para satisfacer las necesidades funcionales del cliente. En este punto, se traducen las necesidades del cliente en magnitudes medibles.
3. Los “Cuanto”: especifica “cuanto” de cada “como” será requerido para poder satisfacer el “qué”. Por medio de pruebas se obtiene un valor real sobre los “como”. En esta matriz se incluyen entradas donde la prioridad de estos valores se puede establecer.
4. “Qué Vs Como”: esta es la relación de la matriz que correlaciona lo que el cliente quiere del servicio con el cómo la compañía puede satisfacer sus necesidades. Es la matriz central ya que es donde se convierten los requisitos del cliente en términos o expresiones de cambio en el proceso.

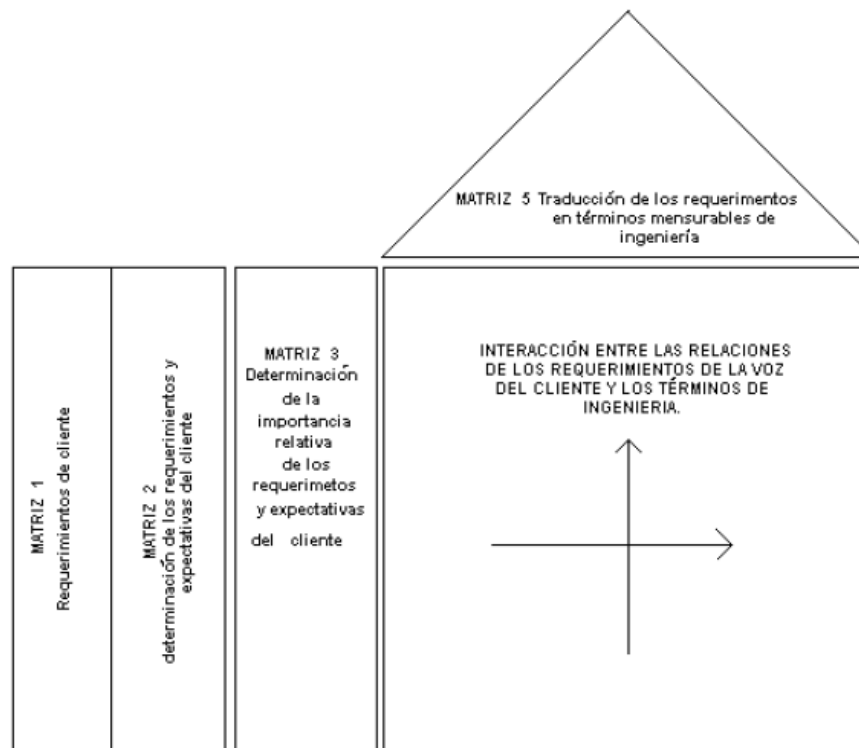


Figura 3.2 Matriz Necesidades-Métricas (Zäidi, 1993)

## 3.2 Generación de Conceptos

La metodología utilizada permite al diseñador identificar las necesidades reales de los clientes por medio de una constante comunicación. Una vez identificadas, es posible proponer ideas o conceptos de ingeniería que satisfagan dichas necesidades. Esto es a lo que se llama “generación de conceptos”. La principal estrategia de la generación de conceptos es proponer la mayor cantidad posible, utilizando técnicas como “tormenta de ideas”.

### 3.2.1 Tormenta de Ideas

Consta de dos tiempos, el primero es la deliberación con el único objetivo de obtener una serie de ideas encaminadas a resolver un problema, el segundo trata de determinar el valor de las ideas y realizarles mejoras, combinado con ciertas reglas:

1. El juicio crítico es excluido reservándose para otro momento
2. Las ideas deben fluir sin importar lo absurda que parezca
3. Generar la mayor cantidad de ideas
4. Combinar y mejorar las ideas generadas



### 3.2.2 Evaluación de Conceptos

Ésta es la parte más importante de la metodología pues el objetivo es seleccionar el mejor concepto de diseño entre la gran mayoría de los que se generaron, con la menor cantidad de inversión en recursos y llegar a convertirlo en un producto definido, sometiéndose a las técnicas de evaluación como factibilidad, disponibilidad tecnológica, requerimientos del cliente y matriz de decisión (figura 3.3).

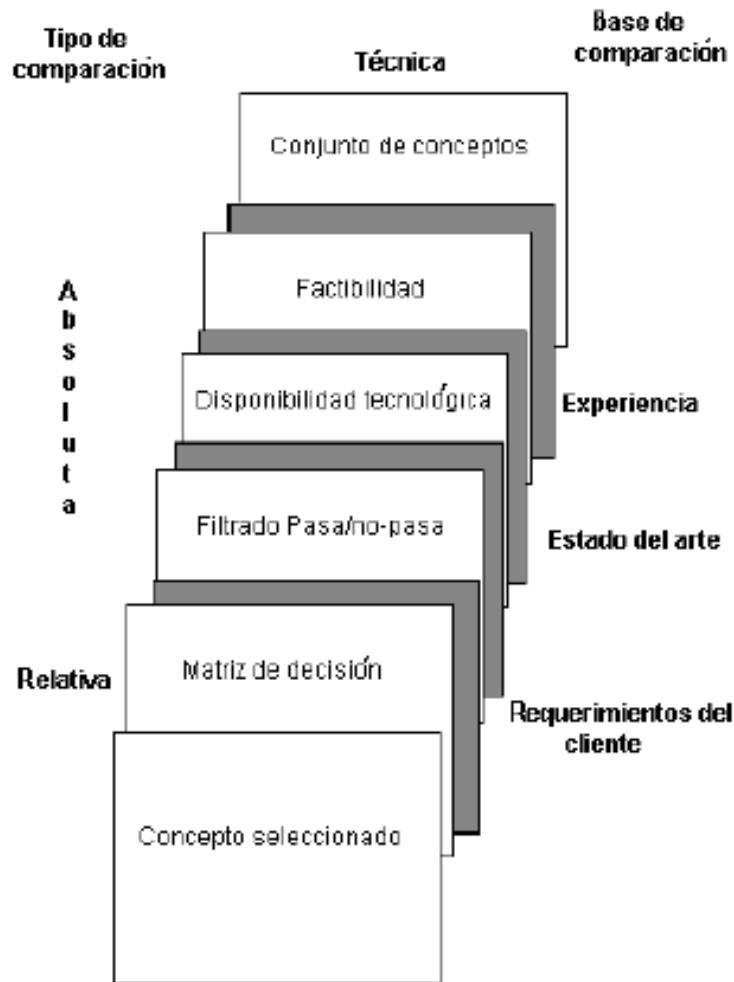


Figura 3.3 Evaluación de conceptos (Zaïdi, 1993)

#### 3.2.2.1 Evaluación con Base en la Factibilidad

De manera general, los primeros juicios se hacen basándose en la experiencia y el conocimiento acumulado durante la vida profesional, esto permite considerar si el concepto es o no factible, se evalúa cada uno de los conceptos por separado, teniendo solo dos probabilidades:





- *No es factible*: Debido a que el concepto es muy diferente, y que no ayuda nada en resolver el problema.
- *Es factible a condición*: Se considera que el concepto podría funcionar a condición que surja alguna acción que lo adapte al problema.

### 3.2.2.2 Evaluación con Base en la Disponibilidad Tecnológica

Esta técnica implica si la tecnología a utilizar está desarrollada y madura, disponible y al alcance para su aplicación. Algunas ocasiones los proyectos de diseño tienen límites debido a este punto y normalmente obliga a invertir esfuerzos y recursos para incorporarlas.

Puede suceder que la tecnología esté desarrollada y madura pero hay que tomar en cuenta si está disponible, debido a los derechos que posee la empresa de la competencia, ya que puede estar reservada para instituciones de seguridad nacional; también puede ocurrir que la tecnología esté desarrollada y disponible, pero que esté al alcance es otro punto a considerar debido a razones económicas o políticas que involucran términos legales para quienes desarrollan un producto.

### 3.2.2.3 Evaluación con Base en los Requerimientos del Cliente

La evaluación está dada por la confrontación directa con los requerimientos del cliente y se verifica si cumple o no con tales requisitos, permitiendo más adelante hacer modificaciones para que cumpla con ellos.

### 3.3.2.4 Evaluación con Base en Matrices de Decisión

Esta técnica compara los conceptos con otros en la capacidad para cumplir los requerimientos del cliente, los resultados proporcionan las bases para identificar las mejores acciones y permite contar con una referencia para la toma de decisiones en cuatro sencillos pasos:

1. Establecimiento de los criterios de comparación
2. Selección de las ideas a comparar
3. Definición de conceptos como objetivos y después calificarlo
4. Cálculo de la calificación total



---

### 3.3 Sumario

El proceso Genérico de Desarrollo de Productos demuestra ser la mejor opción para diseñar un dispositivo que auxilie al personal a trasladar a los pacientes. La ventaja de esta metodología es que combina a la perfección las necesidades de los clientes con el lenguaje de ingeniería.

Al estar constantemente involucrando al cliente en el proceso de diseño, se asegura que el resultado de la aplicación de la metodología satisfaga en todos sentidos sus requerimientos y expectativas.

Esta metodología va más allá de solamente cumplir con las necesidades del cliente, si no que obliga a la empresa a desplegar toda la calidad en todas las áreas (administrativas, manufactura, diseño) para asegurar un resultado positivo.

En conclusión, el Proceso Genérico de Desarrollo de Productos arrojará como resultado un diseño ganador que satisfará todas las necesidades de los posibles usuarios.

En el siguiente capítulo, se aplicaran cada uno de los pasos que se han descrito para diseñar un dispositivo que haga del traslado de paciente una tarea fácil para las personas involucradas en el traslado y más cómodo para los pacientes.



# Aplicación de la Metodología: Diseño Conceptual

*En este capítulo se aplicará el proceso genérico de desarrollo de productos para el diseño del dispositivo para traslado de pacientes, desde la identificación de requerimientos del cliente, hasta el establecimiento de las metas de diseño.*



---

## **4.1 Aplicación de la Metodología**

A partir de este punto, se utilizara el Proceso Genérico de desarrollo de Productos para el diseño del dispositivo auxiliar para el traslado de pacientes. Éste marcará los requerimientos necesarios, estableciendo las características de diseño mediante la interpretación de la voz del cliente y permitiendo la definición de metas y objetivos de diseño.

### **4.1.1 Problemática**

En la actualidad, los dispositivos que se encuentran en el mercado para mover pacientes de su cama a otro tipo de mobiliario son de tecnología extranjera y resulta muy costoso adquirirlos para una institución nacional de salud. Esto también implica que están diseñados para las medidas antropométricas de usuarios extranjeros.

Por otro lado, también se ha detectado que las personas dedicadas a trasladar pacientes sufren lesiones al cargarlos, en especial en la espalda, lo que a largo plazo deja incapacitado y reducido al personal del hospital.

A partir de la identificación de esta problemática, se decidió diseñar un dispositivo mecánico que ayude a los especialistas a mover pacientes con alguna discapacidad motriz, que se ajuste a los requerimientos y condiciones específicas de los pacientes e instituciones de salud Mexicanas. Se considerará que el dispositivo sea de alta calidad, de un precio más bajo que los existentes en el mercado y de un mantenimiento más accesible. De esta manera, la inversión necesaria de las instituciones de salud pública (IMSS, ISSSTE) será menor para adquirir este dispositivo que el requerido para obtener sistemas similares extranjeros.

Finalmente, se garantizará el correcto funcionamiento del mecanismo, evitando lesionar al paciente y al personal que lo auxilie durante el proceso de movilización.

### **4.1.2 Identificación del cliente**

Los clientes potenciales de este dispositivo son todas aquellas instituciones de salud pública que atiendan a pacientes que por algún tipo de daño hayan perdido parcial o totalmente la movilidad en las extremidades inferiores y/o superiores y que no sean capaces de trasladarse de su cama a otro tipo de mobiliario.



### 4.1.3 Determinación de los requerimientos y expectativas del cliente

Para identificar las necesidades y requerimientos de los posibles usuarios, se buscó el apoyo de alguna institución de salud. Se logró establecer contacto con la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro, perteneciente al IMSS, en específico con el jefe de enseñanza de dicha unidad, el Dr. David Rojano Mejía.

El Dr. Rojano permitió a este equipo de trabajo realizar todas las actividades posibles para identificar las necesidades.

Una vez que se permitió el acceso tanto a las instalaciones como al personal, y como lo marca el primer punto de la metodología, se procedió a realizar encuestas, entrevistas y observaciones.

Las entrevistas y encuestas (Ver Anexo A) se realizaron a pacientes y personal sanitario para identificar las necesidades de las partes involucradas en el traslado. Se realizaron 50 entrevistas y encuestas entre pacientes, doctores, terapeutas y camilleros.

Del análisis posterior de las respuestas de dichas encuestas, se pudieron identificar 19 necesidades básicas. El equipo de trabajo se dio a la tarea de interpretar estas necesidades y traducirlas en requerimientos del cliente. El resultado de este primer análisis se enlista a continuación:

1. El dispositivo está disponible en el cuarto para utilizarse cuando sea necesario  
**Requerimiento: Disponibilidad del dispositivo a toda hora**
2. No tomara mucho tiempo trasladar al paciente de la cama al dispositivo  
**Requerimiento: Tiempo mínimo para trasladar al paciente**
3. El dispositivo estará diseñado para traslados intrahospitalarios e interhospitalarios
4. El dispositivo podrá modificar su altura para realizar distintas actividades  
**Requerimiento: Rango variable de altura**
5. El dispositivo se podrá adaptar a las dimensiones del lugar en donde sea utilizado  
**Requerimiento: Medidas apropiadas de largo, ancho y altura**
6. El dispositivo se podrá utilizar tanto en el hospital como en la casa
7. El dispositivo estará diseñado con materiales cómodos  
**Requerimiento: Materiales cómodos**
8. El dispositivo levantara a cualquier paciente sin problemas  
**Requerimiento: La estructura soportara el peso del paciente**
9. El dispositivo podrá ser operado por una sola persona  
**Requerimiento: Facilidad de operación**



- 10.El dispositivo podrá ser utilizado tanto por camilleros como por familiares  
**Requerimiento: Facilidad de operación**
- 11.El dispositivo ayudara a trasladar a diferentes tipos de pacientes: pacientes que no se pueden mover y pacientes que tienen movilidad  
**Requerimiento: Adaptable a diferentes tipos de pacientes**
- 12.El dispositivo ayudara al paciente de la forma adecuada dependiendo de la lesión que se haya sufrido
- 13.En caso de que el paciente tenga lesiones superficiales, el dispositivo no las empeorara  
**Requerimiento: No empeorara lesiones superficiales**
- 14.El dispositivo mantendrá estable el cuerpo del paciente durante el traslado  
**Requerimiento: Atenuación de vibraciones que se transmiten al cuerpo del paciente**
- 15.El dispositivo se adaptara a las medidas de cada usuario  
**Requerimiento: Rango variable de las dimensiones del dispositivo dependiendo de la antropometría del usuario**
- 16.El dispositivo cargara al paciente de puntos específicos del cuerpo  
**Requerimiento: Levantar al paciente de puntos específicos de piernas y espalda**
- 17.El dispositivo permitirá al paciente adoptar diferentes posturas  
**Requerimiento: Rangos variables de ángulos de piernas y columna**
- 18.El dispositivo será de fácil mantenimiento  
**Requerimientos: Tiempo mínimo de mantenimiento**  
**Mínimo de herramientas para su mantenimiento**
- 19.El dispositivo será fácil de reparar  
**Requerimientos: Disponibilidad de piezas de repuesto en el país**

Por otro lado, se hicieron observaciones de campo (figura 4.1). Se tomaron fotografías y videos del personal para analizar las técnicas de traslado que ocupan en el hospital para mover a los pacientes de sus camas de reposo a sillas y camillas.



Figura 4.1 Traslados dentro del hospital

Se tomaron fotografías y medidas indispensables para conocer los alcances y limitaciones del dispositivo a diseñar (figura 4.2). Entre las dimensiones que se tomaron, destacan:

1. Dimensiones de los cuartos de reposo. Debido al poco espacio con el que cuenta el hospital, los cuartos tienen medidas reducidas y oscilan entre los 3.5 metros de ancho, 2.5 metros de largo y 2.4 metros de alto.
2. Dimensiones de las camas de reposo. Se tomaron las dimensiones de las camas para conocer el volumen de trabajo del dispositivo. Las dimensiones de las camas son: 2 metros de largo, 90 cm de ancho y 1 metro de alto.
3. Dimensiones del mobiliario (sillas y camillas especiales). Estas dimensiones son de vital importancia, pues éstas nos marcarán las distintas alturas que deberá alcanzar el dispositivo a diseñar.

También se tomó evidencia grafica de distintos tipos de pacientes: pacientes con movilidad restringida o nula y pacientes con un grado avanzado de rehabilitación pero que aún tienen cierto grado de dependencia.





Figura 4.2 a) sillas especiales para ir al sanitario, b) pasillos del área de hospitalización, c) áreas de rehabilitación

Después de las pláticas que se sostuvieron con el personal, pacientes y autoridades del hospital y de análisis posteriores de sus necesidades, se llegó a la siguiente tabla de necesidades del cliente (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Necesidades interpretadas del cliente

	Necesidades
1	El dispositivo Está disponible en el cuarto para utilizarse cuando sea necesario
2	No tomara mucho tiempo trasladar al paciente de la cama al dispositivo
3	Estará diseñado para traslados intra e interhospitalarios
4	Podrá modificar su altura para realizar distintas actividades
5	Se adaptará a las dimensiones del lugar donde sea utilizado
6	Se podrá utilizar tanto en el hospital como en la casa
7	Estará diseñado con materiales cómodos
8	Levantará a cualquier paciente sin problemas
9	Podrá ser operado por una sola persona
10	Podrá ser utilizado tanto por camilleros como por familiares
11	Ayudará a trasladar a pacientes con poca y nula movilidad
12	Trasladará al paciente dependiendo de la lesión que se haya sufrido
13	En caso de que el paciente tenga lesiones superficiales, éste no las agravará
14	Mantendrá estable el cuerpo del paciente durante el traslado
15	Se adaptará a las medidas de cada usuario
16	Cargará al paciente de puntos específicos del cuerpo
17	Permitirá al paciente adoptar diferentes posturas
18	Será de fácil mantenimiento
19	Será fácil de reparar

#### 4.1.4 Traducción de las necesidades en términos medibles.

Los requerimientos se tienen que llevar a un nivel de traducción cuantificable, es decir, todos aquellos requerimientos hechos por el cliente hay que definirlos en términos medibles de ingeniería, de manera que se asocien directamente con una unidad de medición. Aquellos que no puedan ser asociados directamente, lo harán con un significado explícito, donde se referirá a la actividad que ésta especificada.





Los términos medibles o cuantificables son de gran importancia en ingeniería ya que dan el punto de donde partir para empezar a seleccionar materiales y con ello empezar a generar conceptos o ideas que podrán satisfacer cada requerimiento del cliente.

Así, las necesidades identificadas para el diseño del dispositivo de traslado se traducen a términos medibles de ingeniería en la Tabla 4.2:

Tabla 4.2 Traducción de necesidades a términos medibles de ingeniería

	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	METRICAS
1	Disponible cuando sea necesario	disponible cuando sea necesario
2	Tiempo mínimo para pasar al paciente a otro mobiliario	Tiempo de traslado entre 1 y 5 minutos
3	Permitirá traslados intra e interhospitalarios	Traslados intra e interhospitalarios
4	Rango variable de altura	Altura variable: 0-1 m de altura
5	Medidas apropiadas de largo, ancho y altura	Dimensiones máximas 1 x 1 x 1.8 m
6	La superficie en contacto con el paciente será confortable	Materiales cómodos
7	La estructura soportará el peso del usuario	Peso máximo de 100 Kg
8	Facilidad de operación	Maquina manejable con una mano
9	Adaptable a diferentes tipos de pacientes	Pacientes con discapacidad nivel A, B, C, D
10	No empeorará lesiones superficiales	No empeorará lesiones superficiales
11	Atenuación de vibraciones que se transmiten al cuerpo del paciente	Rango de vibraciones 0.5-80 Hz
12	Rango variable de longitudes de piernas, tronco, brazos	Piernas: 88-106 cm; tronco: 52-65 cm; brazos: 63-81 cm
13	Levantar al paciente de puntos específicos	P1: debajo de cuello y hombros y bajo la cintura; P2: bajo la cintura y los glúteos; P3: bajo los muslos y piernas
14	Rangos variables de ángulos de piernas y columna	Columna: 0-90°; piernas: 0-90°
15	Fácil mantenimiento	Uso de herramientas básicas (llaves inglesas, llaves de presión, desarmadores)
16	Mínimo de herramientas para su mantenimiento	Uso de 1 desarmador y 2 llaves de presión para su mantenimiento
17	Fácil reparación	Partes desmontables

Algunos de los requerimientos en la tabla anterior tienen sustento en varias normas internacionales, entre las que destacan:

- Adaptable a diferentes tipos de discapacidad: la ASIA (*American Spinal Injury Association*) indica en un estudio la clasificación de pacientes de acuerdo al nivel de discapacidad (*National Institute of Neurological Disorders and Stroke*, 2005). Dicha clasificación empieza en:
  - Rango A, donde no existe función sensitiva ni motora
  - Rango B indica que hay función sensitiva pero no motora
  - Rango C muestra que hay preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico, sin embargo, más de la mitad de los músculos claves por debajo del nivel neurológico tienen una fuerza muscular menor de 3 (esto quiere decir, que no son lo suficientemente fuertes para moverse contra la gravedad)
  - Rango D marca que existe preservación de la función motora por debajo del nivel neurológico y, por lo menos, la mitad de los músculos claves por debajo del nivel



neurológico tienen una fuerza muscular 3 o mayor (esto quiere decir, que las articulaciones pueden moverse contra la gravedad)

1. Atenuación de vibraciones que se transmiten al cuerpo del paciente: la norma ISO 2631-1 especifica los rangos de vibraciones de cuerpo entero que se pueden transmitir al cuerpo humano sin causar lesiones. Por lo tanto, ésta norma indica que para preservar la vida humana es necesario mantener las vibraciones dentro de un rango de 0.5 a 80 Hz.
2. Rango variable de longitudes de piernas, tronco y brazos: la Sociedad de Ergonomistas de México llevó a cabo varios estudios para crear las llamadas “tablas antropométricas del mexicano”. En ellas se muestran los rangos de dimensiones en los que oscilan las partes del cuerpo del mexicano. Estas medidas son de vital importancia para el diseño del dispositivo.

#### **4.1.5 Matriz Necesidades-Métricas**

La matriz necesidades-métricas representa la relación entre dichos términos. Las filas de la matriz corresponden a las necesidades del cliente y las columnas a las métricas. Una marca en una celda de la matriz significa que la necesidad y la métrica asociada con la celda están relacionadas; el rendimiento relativo a la métrica influirá en qué grado el producto satisface la necesidad del cliente. Esta matriz es un elemento clave de la Casa de la Calidad.

Una vez obtenidos los requerimientos y sus términos medibles de ingeniería, se procede a ordenarlos y compararlos. La matriz generada se muestra en el Anexo B.

#### **4.1.6 Estudio comparativo**

Ya que se tienen identificados los términos medibles de ingeniería, se realiza una investigación de mercado o benchmarking para conocer cuáles son las tecnologías más utilizadas para el traslado de pacientes y que dominan el mercado actual.

Esta investigación se llevó a cabo mayormente visitando los sitios de internet de las empresas dedicadas a la fabricación y distribución de estas tecnologías, entre las que destacan: INVACARE, MAXISKY, MOLIFT, entre otras. También se visitaron tiendas especializadas en la venta de artículos ortopédicos para poder observar con mayor detalle estas máquinas. La lista completa de dispositivos que arrojó el estudio de mercado se puede apreciar en el Anexo C.



Durante dicha investigación, se lograron identificar 2 configuraciones principales de dispositivos elevadores: los dispositivos móviles “terrestres” (Figura 4.3 a) y los dispositivos “aéreos” (Figura 4.3 b)



a)



b)

Figura 4.3 Tipos de tecnologías disponibles en el mercado actual

De este estudio comparativo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los precios en los que oscilan estos dispositivos varían desde los \$9000 M.N. hasta los \$40000 M.N. dependiendo de la tecnología de la que esté fabricada dicha máquina y si es necesario comprar accesorios por separado.
- El tipo más utilizado en los hospitales es la grúa terrestre, pues para instalar las grúas aéreas se necesitan hacer cambios en las instalaciones del hospital.
- Las tecnologías más utilizadas para levantar al paciente son los sistemas electromecánicos y en menor medida, los hidráulicos.
- Existe un caso especial de grúa fabricada por mexicanos, pero cabe destacar que es de manufactura “casera”. Se tiene que tomar en cuenta que los dispositivos hospitalarios deben cumplir con rigurosos estándares de calidad antes de entrar en contacto con los pacientes.



Ahora que se tiene una idea más clara acerca de las tendencias actuales de los dispositivos de traslado (precios y tecnologías disponibles), se procede a la siguiente etapa de la metodología de diseño: la generación de conceptos.

## **4.2 Generación de conceptos y obtención del concepto ganador**

Para llegar a un concepto que satisfaga las necesidades del cliente, se utilizarán los requerimientos que se obtuvieron en el transcurso de la aplicación de la metodología. Es por ello que se procederá de la siguiente manera:

- Generar conceptos que satisfagan cada uno de los requisitos del cliente.
- Identificar todos aquellos subsistemas que se involucren en el diseño del dispositivo.
- Determinar el número posible de soluciones.
- Reducir el número de posibilidades, evaluando los conceptos con los 3 primeros filtros (factibilidad, disponibilidad tecnológica y requerimientos del cliente).
- Identificar todos aquellos conceptos que cumplen en su totalidad con los requerimientos.
- Evaluar los conceptos con los 4 filtros (factibilidad, disponibilidad tecnológica, requerimientos del cliente y matriz de decisión).

### **4.2.1 Identificación de las funciones del dispositivo**

Partiendo de las entrevistas, encuestas y observaciones de campo que se realizaron en las instalaciones del hospital, se realizó un Árbol de Funciones para identificar cuáles son las tareas que debe ejecutar el dispositivo a diseñar (Anexo D).

#### *4.2.1.1 Identificación de Funciones Auxiliares o Subsistemas*

Como se puede observar en el Árbol de Funciones, la función principal del dispositivo es el trasladar pacientes con movilidad restringida de su cama a otro mobiliario (sillas y camillas).

De esta función se desprenden tres funciones primarias auxiliares a la función principal: cargar al paciente, transportar al paciente y asegurar la integridad física del paciente y del operario. Cada una de estas funciones primarias está compuesta por funciones más específicas o funciones secundarias.

A las funciones secundarias y terciarias (en caso de existir) se les debe proporcionar un concepto de ingeniería para que dicha función sea satisfecha y que el dispositivo cumpla con las expectativas y requerimientos del cliente



En esta parte de la metodología, cabe señalar que se proponen todos los conceptos posibles, ninguna idea es desechada. De esta forma, las tablas 4.3, 4.4 y 4.5 muestran los conceptos de ingeniería que se generaron para cada una de las funciones auxiliares.

Tabla 4.3 Conceptos de Ingeniería para la primer función primaria

		CONCEPTOS DE INGENIERÍA PARA LA PRIMER FUNCION PRIMARIA				
Funcion	Concepto	A	B	C	D	E
		Cargar al paciente	Sistema hidraulico	Sistema neumático	Motores	Sistema mecánico
Asir al paciente	Sabana	Pinzas	Arnés	Colchon especial	Cuchillas	
Asegurar al paciente con el sistema de elevacion	Correas	Gancho	Mosquetones			
Permitir al cuerpo del paciente adoptar distintas posiciones	Colchón especial	Arnés	Sabana			
Permitir al cuerpo del paciente adoptar distintas alturas	Sistema hidraulico	Sistema neumático	Motores	Sistema mecánico		
Modificar elemento de sujecion a la antropometría del paciente	Memory Foam	Arnés	Sabana	Colchon especial		
Levantar al paciente de puntos clave	Sabana	Pinzas	Arnés	Colchon especial	Cuchillas	

Tabla 4.4 Conceptos de Ingeniería para la segunda función primaria

		CONCEPTOS DE INGENIERÍA PARA LA SEGUNDA FUNCION PRIMARIA			
Funcion	Concepto	A	B	C	D
		Transportar al paciente	Llantas	Conveyor	
Atenuar el movimiento ocasionado por el transporte del paciente	Amortiguador	Mecanismo estabilizador			
Asegurar condicion de equilibrio del dispositivo	Patas auxiliares	Sistema mecánico	Sistema hidráulico		
Adaptar mecanismo a diferentes situaciones y entornos	Sistema hidráulico	Sistema neumático	Motores	Sistema mecánico	
Estabilizar la direccion del dispositivo	Sistema neumático	Sistema mecánico	Sistema hidráulico	Sistema manual	

Tabla 4.5 Conceptos de Ingeniería para la tercera función primaria

		CONCEPTOS DE INGENIERÍA PARA LA TERCER FUNCION PRIMARIA				
Función	Concepto	A	B	C	D	E
		Asegurar condición de comodidad del paciente	Memory Foam	Arnés	Sabana	Colchón especial
Adaptar mecanismo a diferentes tipos de pacientes	Arnés	Memory Foam	Colchón especial	Pinzas		
Levantar al paciente de puntos clave	Sabana	Pinzas	Arnés	Colchon especial	Cuchillas	
Eliminar el riesgo de provocar o agravar lesiones superficiales	Sabana	Arnés	Colchon especial	Memory Foam		
Diseñar el dispositivo para una fácil operación	Sistema neumático	Sistema mecánico	Sistema hidráulico	Sistema manual		

### 4.2.3 Filtrado de conceptos

Todos los conceptos que se generaron para cada una de las funciones identificadas en el árbol de funciones deben ser evaluadas por el equipo de trabajo para determinar cuáles son las más adecuadas para satisfacer los requerimientos del cliente.

Esta evaluación dependerá de diversos factores como son: la disponibilidad tecnológica, la factibilidad del concepto, los requerimientos del cliente, entre otros.



En la tabla 4.6, se puede apreciar el filtrado que se realizó a los conceptos que se generaron para la función primaria “Cargar al paciente”. Se dividieron en dos secciones para apreciar con mayor detalle las funciones secundarias. Los criterios utilizados para calificar cada opción de diseño van en una escala de 1 (muy malo) a 3 (muy bueno).

Tabla 4.6 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Cargar al paciente”

Criterio de evaluación	Cargar al paciente					Asegurar al paciente al sistema de elevación/Libertad del cuerpo del paciente									
	Sistema hidráulico	Sistema neumático	Polipasto	Tornillo de potencia	Motores	Sabana	Pinzas	Arnés	Colchon especial	Cuchillas	Correas	Gancho	Mosquetones	Memory Foam	
Comodidad para el paciente	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	2	2	3	
Disponibilidad Tecnológica	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	
Tamaño del dispositivo	1	1	2	2	2	3	1	3	2	1	3	3	3	2	
Manufacturabilidad	1	1	3	2	1	3	2	3	2	2	3	3	3	2	
Funcionalidad	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	
Movilidad del dispositivo	1	1	3	3	2	3	2	3	1	1	3	3	3	3	
Facilidad de mantenimiento	1	1	3	3	1	3	1	3	2	2	3	3	3	2	
Promedio	1.42	1.42	2.57	2.28	1.71	2.85	1.71	3	1.85	1.57	3	2.85	2.85	2.42	

De este análisis, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Los sistemas mecánicos, como el polipasto y el tornillo de potencia son los más viables para cargar al paciente.
2. Las sabanas, el arnés y el *memory foam* son las mejores opciones para asir al paciente.
3. Las correas, los ganchos y los mosquetones son las mejores opciones para sujetar al paciente al sistema de elevación. Aunque se podrían hacer combinaciones de estos elementos para asegurar una efectividad máxima.

El análisis de los conceptos para la función primaria “Transportar al paciente”, se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Transportar al paciente”

Criterio de evaluación	Transporte del paciente		Estabilidad del cuerpo del paciente			Estabilidad del dispositivo			
	Llantas	Conveyor	Amortiguador	Mecanismo estabilizador	Estabilización manual	Patatas auxiliares	Sistema mecánico	Sistema hidráulico	Sistema neumático
Comodidad para el paciente	3	3	2	2	2	3	2	2	2
Disponibilidad Tecnológica	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Tamaño del dispositivo	3	1	2	2	3	2	1	1	1
Manufacturabilidad	3	1	2	2	3	3	1	1	1
Funcionalidad	3	2	3	2	3	3	2	2	2
Movilidad del dispositivo	3	1	2	2	3	3	1	1	1
Facilidad de mantenimiento	3	1	1	1	3	3	1	1	1
Promedio	3	1.57	2	1.85	2.85	2.85	1.57	1.57	1.57

Las conclusiones de este análisis son:

1. Las llantas son la mejor opción para transportar al paciente, esto se debe a los espacios reducidos en el área de hospitalización y es imposible instalar bandas transportadoras.



2. La estabilización manual es la mejor opción, de esta forma el operario del dispositivo sabrá con exactitud en qué posición colocar el cuerpo del paciente.
3. Un sistema simple de estabilización del dispositivo, como unas patas auxiliares, evitaran la volcadura del mismo.

Para finalizar la evaluación de conceptos, la tabla 4.8 muestra el análisis al que fue sometido la última función primaria “Asegurar la integridad física del paciente y del operario”.

Tabla 4.8 Filtrado de los conceptos de la función primaria “Asegurar la integridad física del paciente y del operario”

	Comodidad del paciente						Facilidad de operación			
	Memory Foam	Arnés	Sabana	Colchón especial	Pinzas	Cuchillas	Sistema neumático	Tornillo de potencia	Sistema hidráulico	Polipasto
Criterio de evaluación										
Comodidad para el paciente	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2
Disponibilidad Tecnológica	1	3	3	1	2	2	2	2	2	3
Tamaño del dispositivo	3	3	3	2	2	2	1	2	1	2
Manufacturabilidad	2	3	3	2	2	2	1	2	1	3
Funcionalidad	3	3	1	1	1	1	2	2	2	3
Movilidad del dispositivo	3	3	3	2	2	2	1	2	1	2
Facilidad de mantenimiento	2	3	3	2	2	2	1	2	1	2
Promedio	2.42	3	2.42	1.71	1.85	1.85	1.42	2	1.42	2.42

De este último análisis se concluye:

1. El *memory foam*, el arnés y la sabana representan las mejores opciones para la comodidad del paciente, pero cabe destacar que las pinzas y las cuchillas evitaran vibraciones excesivas en el cuerpo del paciente.
2. Los sistemas mecánicos siguen siendo las mejores opciones para una fácil operación del dispositivo.

El análisis que se realizó a los conceptos generados para cada una de las funciones identificadas, marcan un posible camino a seguir para generar conceptos que satisfagan las necesidades de los clientes.

#### 4.2.4 Evaluación de conceptos y selección de concepto ganador

De los conceptos que obtuvieron mayor puntaje se hacen combinaciones, siempre considerando las necesidades de los pacientes y del hospital.





El equipo de diseño se dio a la tarea de pensar en las combinaciones más óptimas para ofrecer un producto que resuelva al 100% las expectativas y necesidades de los usuarios. A continuación, se presentan algunas de las soluciones que se generaron.

El concepto mostrado en la figura 4.4 es una estructura que es parecida en funcionalidad a las gruas “aereas” que, con ayuda de alguno de los sistemas mecanicos seleccionados (tornillo de potencia o polipasto), levantaria al paciente por medio de un colchon especial. Este colchon especial estaria dividido en tres secciones con la intencion de permitir al paciente adoptar diferentes posturas durante el traslado.

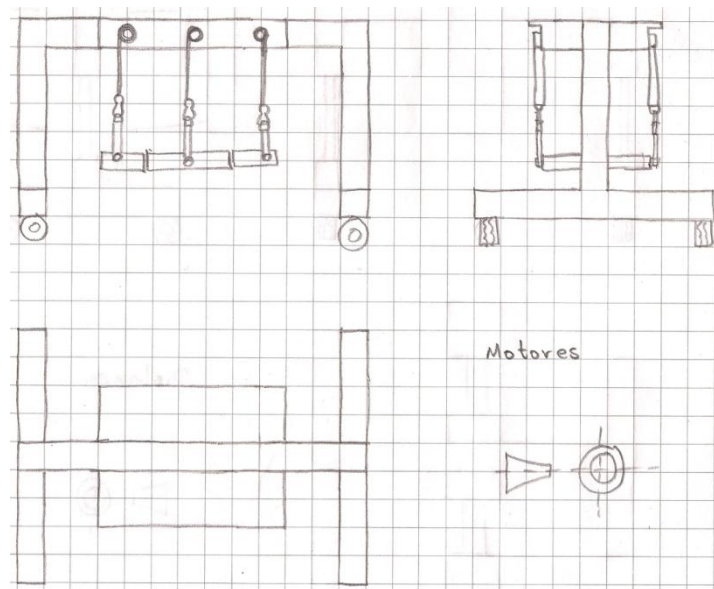


Figura 4.4 Primer diseño conceptual

Las ventajas de este diseño son las siguientes:

1. El cuerpo del paciente se mantendría estable durante todo el traslado
2. Se ofrecería una mayor superficie de apoyo.

Las desventajas que presenta este diseño son:

1. se requiere un gran espacio de maniobra
2. Se necesitarían sustituir todos los colchones de los pacientes, incrementando los costos de adquisición del producto

Se necesitaría un sistema independiente de elevación para cada sección del colchón para proporcionar diferentes posiciones al paciente.





En la figura 4.5 se puede apreciar una máquina con una configuración igual a la que se utiliza en los dispositivos más comunes en el mercado. A continuación se explicará el posible funcionamiento de este concepto:

1. Para darle mayor estabilidad al paciente durante el traslado, se propone el uso de un mecanismo Delta.
2. Un arnés o una sábana se conectará a la plataforma móvil del mecanismo Delta para levantar al paciente.
3. La columna principal, aquella que soporta el peso del paciente, tendrá un grado de libertad rotatorio, esto con la finalidad de no mover por completo la máquina (debido al espacio reducido en el área de recuperación)
4. La elevación del paciente será manual. Un polipasto se conectará al mecanismo Delta, para reducir el peso que carga el camillero y así evitar lesiones en el personal sanitario.
5. Un juego de patas extra se colocará en la base del dispositivo. Estas patas darán soporte y equilibrio cuando la columna gire para trasladar al paciente.

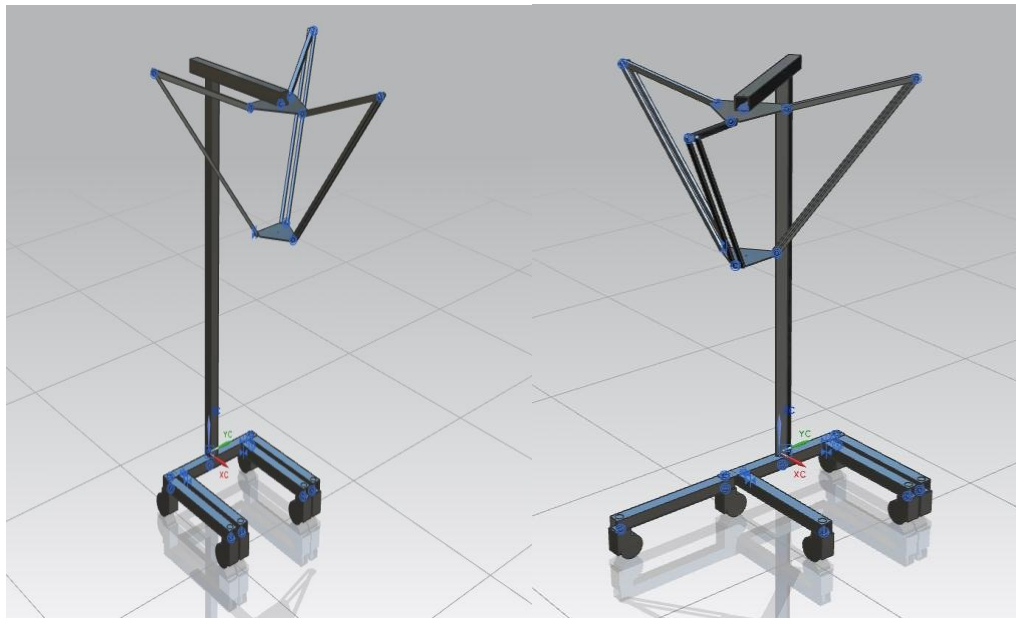


Figura 4.5 Grúa tradicional con mecanismo en Delta y polipasto

Las ventajas de este dispositivo son:

1. Se puede trasladar a todo tipo de mobiliario.
2. Puede ser operado manualmente
3. Permite traslados en todas las posiciones del cuerpo del paciente
4. Los arneses utilizados están diseñados para cada tipo de discapacidad



5. Se pueden levantar grandes cargas (siempre que los actuadores estén conectados a la plataforma móvil del mecanismo Delta)

Las desventajas son:

1. El mecanismo puede presentar singularidades
2. “Efecto navaja” en el paciente
3. Para colocar el arnés es necesario entrar en contacto con el paciente
4. Se dificulta colocar el arnés en posición de sentado
5. Se necesitan espacio para maniobrar
6. Gran espacio de almacenamiento
7. Volumen de trabajo reducido

Como se puede apreciar, existe la posibilidad de que el diseño de la grúa tradicional con mecanismo en Delta entre en conflicto con algunas necesidades, pero los efectos de dicho conflicto se pueden minimizar haciendo un diseño óptimo del mecanismo y aplicando correctamente las técnicas de movilización de pacientes.

La máquina mostrada en la figura 4.6 es una nueva propuesta que modifica los paradigmas tradicionales de los dispositivos de traslado. Esta máquina funcionara de la siguiente manera:

1. El dispositivo simularía el funcionamiento de un montacargas, con cuchillas para levantar al paciente de su cama y colocarlo en otro mobiliario.
2. De igual manera que el dispositivo anterior, el paciente será elevado manualmente. Un tornillo de potencia y una manivela serán las encargadas de elevar y bajar al paciente.
3. Tendrá que existir algún tipo de interfaz entre el paciente y la máquina para evitar el contacto directo de las cuchillas. Por ello, se propone el diseño y fabricación de un colchón especial el cual permitirá variar la posición del cuerpo del paciente para brindar mayor comodidad.

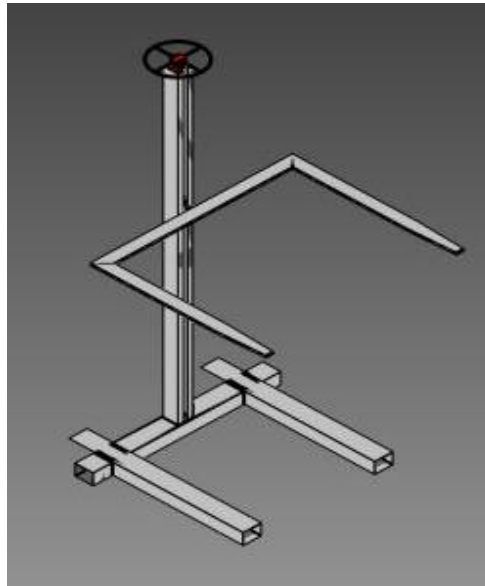


Figura 4.6 Grúa tipo montacargas

Las ventajas de este sistema son:

1. El colchón se adapta a diferentes posiciones del cuerpo del paciente
2. Ofrece una mayor superficie de apoyo
3. Mantiene estable el cuerpo del paciente durante todo el traslado
4. Es confortable
5. Sustituye la función de sillas (de ruedas y para ir al baño) y camillas
6. Se evita el contacto directo con el paciente

Algunas de sus desventajas son:

1. El dispositivo podría exceder las dimensiones especificadas
2. Se añadiría peso extra al dispositivo, es decir, se tendría que soportar el peso del paciente y del colchón especial
3. Para respetar el rango de dimensiones especificadas, se tendrían que reducir las dimensiones del colchón, reduciendo el confort del paciente
4. No se podría bañar al paciente sobre el dispositivo
5. Al sustituir la función de sillas y camillas, no existiría traslado como tal y se corre el riesgo de causar lesiones ulcerosas

Cabe destacar que la grúa tipo montacargas entra en conflicto con algunas de las más importantes necesidades del cliente como son: facilidad de operación, tamaño adecuado a las dimensiones de los cuartos de hospitalización, confort para el paciente.



Estos tres conceptos tienen que ser evaluados de nueva cuenta para determinar cuál es el que da una respuesta satisfactoria al problema de los traslados.

En la tabla 4.9 se muestra el análisis que se hizo para determinar al concepto ganador. Todos los conceptos son sometidos a varios criterios de evaluación, tomando en cuenta las necesidades más elementales de los clientes.

El análisis mostrado en dicha tabla muestra que el concepto de la máquina tradicional con el mecanismo de polipasto tiene un mayor puntaje, es decir, se adapta mejor a las necesidades de los clientes y es por esta razón que este concepto es el concepto ganador.

Tabla 4.9 Evaluación de conceptos para determinar al concepto ganador

Criterio \ Concepto	Sistema aéreo	Grúa con polipasto	Grúa con tornillo de potencia
Funcionalidad	3	3	2
Dimensiones de la estructura	1	3	3
Facilidad de operación	1	3	2
Movilidad de la grúa	1	3	3
Comodidad del paciente	2	2	2
Dificultad de manufactura	1	2	1
Promedio	1.5	2.6	2.1



---

### 4.3 Sumario

De la aplicación de la metodología “Proceso Genérico de Desarrollo de Productos” se puede concluir lo siguiente:

Las necesidades del cliente forman la columna principal de la metodología, ya que sus requerimientos se traducen en términos de ingeniería, lo que implica que el diseño obtenido cumplirá con todas las expectativas y deseos del cliente. El cliente nunca debe ser excluido durante el desarrollo de la metodología, ya que una constante comunicación entre las dos partes (cliente y diseñador) asegurará el éxito del proyecto. El cliente debe tener noción de lo que necesita, pues de ello depende la correcta relación entre sus requisitos y los términos de ingeniería para obtener el mejor diseño. Y, finalmente, escuchar y entender las necesidades del cliente es un factor primordial que deben considerar los diseñadores del proyecto.

Se hizo un análisis minucioso de todas las necesidades y requerimientos del cliente. Siguiendo todos los pasos de la metodología, se obtuvo el diseño conceptual que cumple todos estos requerimientos. En el siguiente capítulo, se desarrollarán todos los cálculos y/o simulaciones necesarias para diseñar todos los subsistemas, para garantizar un traslado seguro para los pacientes y los operarios.



# DISEÑO A DETALLE

*En este capítulo se muestran los cálculos y simulaciones necesarios para diseñar el dispositivo de traslado para asegurar que la máquina ejecute un traslado seguro para el paciente.*



## 5.1 Introducción al Diseño a Detalle

En el capítulo anterior, se desarrolló la metodología de diseño “Proceso Genérico de Desarrollo de Productos” que permite al diseñador identificar las necesidades del cliente, ponderarlas y posteriormente ordenarlas en tablas para obtener un diseño conceptual que satisfaga todos sus requerimientos.

Gracias a la correcta aplicación y desarrollo de dicha metodología de diseño, se obtuvo un diseño conceptual que satisface las expectativas y requerimientos de los clientes.

En este capítulo, se desarrollarán todos los cálculos y simulaciones pertinentes para diseñar cada una de las partes que forman el dispositivo de traslado para garantizar, tanto al paciente como al personal sanitario, la seguridad del mismo y que durante el traslado no se verán comprometidos por algún tipo de error en el sistema mecánico.

## 5.2 Diseño mecánico de la columna principal

La columna o poste principal es la estructura que ha sido identificada como la parte más importante del dispositivo de traslado (figura 5.1). El poste desempeñará dos funciones críticas: estará soportando el peso del paciente y se adaptará el sistema de elevación o polipasto. Es por eso que su diseño debe ser preciso para soportar con seguridad los esfuerzos a los que vaya a ser sometido, para evitar la falla del material y por ende eliminar riesgos a la vida humana.

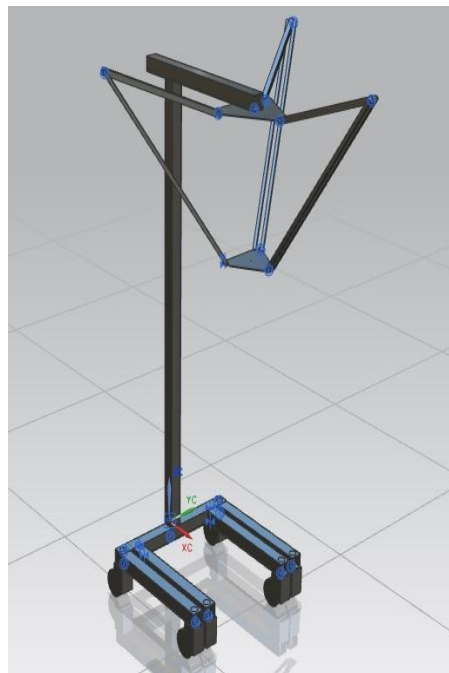


Figura 5.1 Dispositivo de traslado de paciente



### 5.2.1 Selección del material y la forma de la columna principal

<p><b>UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b></p>	<p><b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b></p>	<p><b>Cliente:</b> Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro</p>
<p><b>Unidades:</b></p>	<p>ASUNTO:  Selección del material y la forma de la columna</p>	<p>Producto:</p>
<p>Realizó: Javier Castañeda Tenango</p>		<p>Dispositivo para traslado de pacientes</p>
<p>Fecha:01-Abril-2013</p>		<p><b>RESULTADO</b></p>
<p>La primera tarea del equipo de trabajo fue determinar cuál es el material más adecuado para construir el prototipo.</p> <p>La investigación de mercado indicó que las grúas con este tipo de forma están construidas de acero inoxidable, esto se debe a las propiedades del acero: alta resistencia a la oxidación y resistencia a los esfuerzos. Pero este material tiene un inconveniente, el precio de adquisición es muy elevado.</p> <p>En la búsqueda de algún material que fuera competitivo con el acero inoxidable, el equipo de trabajo encontró que el acero estructural A36 tiene una buena resistencia a los esfuerzos y tiene un precio accesible. Un problema con este acero es su facilidad de oxidarse, pero con algún tratamiento externo se puede eliminar el riesgo de que la estructura se oxide prematuramente.</p> <p>Ahora bien, existen dos posibles configuraciones para diseñar la columna principal (figura 5.2). Por un lado se puede diseñar de una sola pieza de tubo mecánico, doblada, para formar la estructura principal (figura 5.2 a). Y por otro lado se puede diseñar en dos partes: un tubo mecánico soldado a un tramo de PTR (figura 5.2 b).</p>		<p><b>El acero estructural A36 es la mejor opción para construir el prototipo</b></p>





a)

b)

Figura 5.2 Posibles configuraciones para la columna principal

Estas dos configuraciones son funcionales pero se eligió la configuración B por las siguientes razones:

1. Por conveniencia de diseño: para facilitar la instalación del polipasto.
2. Por cuestiones de manufactura: pues no se cuenta con el equipo para realizar dobles en tubos.

Se contactó a la casa distribuidora de materiales “Casa Ortiz” para conocer las dimensiones y cédulas de los tubos y los PTR que manejan. En el Anexo E, se pueden apreciar los catálogos de esta casa distribuidora. Con ayuda de dichos catálogos, se hizo una selección de materiales para construir la columna principal.

**Resultado:**

**El poste conformado por un tubo y un PTR representa la mejor opción para construir el poste.**

**Resultado:**

**Se seleccionó un tramo de tubo mecánico (Diámetro exterior 48.26 mm; diámetro interior ); y un tramo de PTR (76 x 51 mm)**

Una vez determinado el tipo de configuración a usar, es necesario determinar algunos puntos importantes que afectarán el diseño mecánico del poste. Se debe conocer la concentración y distribución de los esfuerzos en la columna y los posibles desplazamientos en la misma.



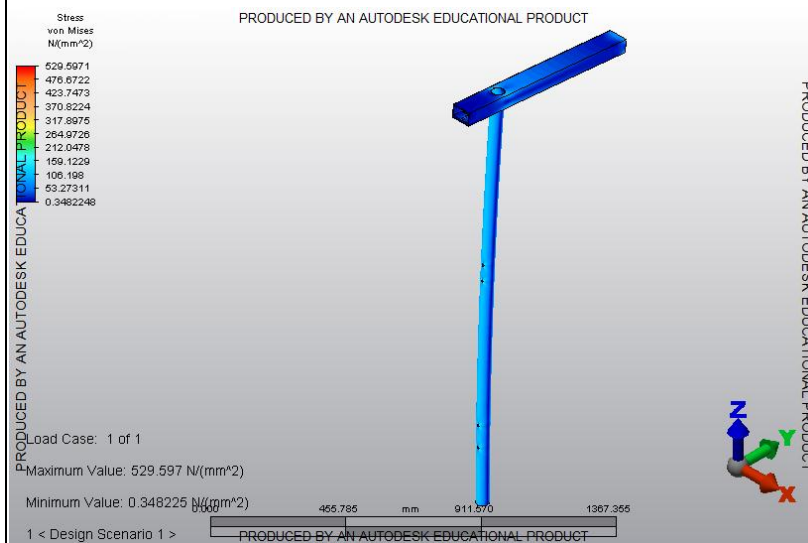
### 5.2.2 Determinación de la concentración de esfuerzos y desplazamientos en la columna

UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería	<b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b>	<b>Cliente:</b> Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro
<b>Unidades:</b>	ASUNTO:	Producto:  Dispositivo para traslado de pacientes
Realizó: Javier Castañeda Tenango	Determinación de los esfuerzos y desplazamientos del poste principal	
Fecha:01-Abril-2013		
<p>Cuando el material sea sometido a la carga, en este caso, cuando sea sometido al peso del paciente, existirán esfuerzos y desplazamientos resultados de dicha carga. Es deber del equipo de trabajo el determinar que estos valores se mantengan dentro de los parámetros normales, es decir, que no rebasen el límite de fluencia del material y que no rebasen una deflexión máxima.</p> <p>Durante el proceso de recopilación de información, se logró identificar un peso promedio de los pacientes. Este dato marca un parámetro de diseño, cuánto peso soportará el dispositivo. La investigación de campo arrojó como resultado que el peso de los pacientes oscila entre los 50 y 80 kg, esto se debe a que en su mayoría hospitalizan adultos de la tercera edad. Sin embargo, las autoridades del hospital informaron que si han tenido casos (esporádicos) de pacientes con pesos que van de los 80 a los 100 kg.</p> <p>Con el límite de peso, el tipo de material y la configuración de poste ya establecidos, se procede a realizar cálculos y/o análisis para conocer los esfuerzos y las deformaciones en este elemento.</p> <p>La columna se modeló con ayuda de un software de CAD, en este caso se utilizó Autodesk Inventor y dicho modelo fue</p>		<p style="text-align: center;"><b>RESULTADO</b></p> <p><b>Se determina que el peso máximo que soportara el dispositivo es de 80 kg</b></p>



sometido a análisis de elemento finito en el software Simulation Multiphysics. La ventaja de utilizar un software de elemento finito es que proporciona estos dos valores vitales para el diseño de la columna.

El poste fue simulado soportando una carga de 1000 N en el extremo libre del PTR. En la figura 5.3, se puede apreciar la distribución de los esfuerzos a lo largo de la columna y en el PTR. Cabe señalar que el software calcula los resultados con el método de von Mises para materiales dúctiles.



**Resultado del análisis:  
Existe una concentración  
de esfuerzos máxima que  
oscila entre los 110 y 120  
MPa**

Figura 5.3 Concentración de esfuerzos en la columna

Analizando el resultado y comparándolo con el esfuerzo de cedencia del acero A36 (Ver anexo F) que es de 250 MPa a tensión, se observa que está dentro de los parámetros normales, es decir, la columna soportara el peso del paciente sin llegar a romperse.

El software también indica cuanta deflexión sufrirá la estructura en el extremo donde se levanta al paciente. En la figura 5.4 y 5.5 se pueden apreciar los desplazamientos en el eje “Y” y en el eje “Z” cuando se levante al paciente.

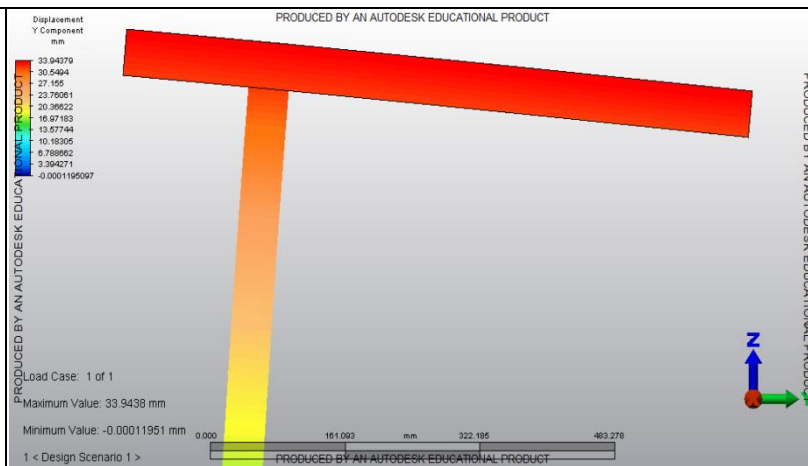


Figura 5.4 Desplazamiento de la estructura en el eje Y

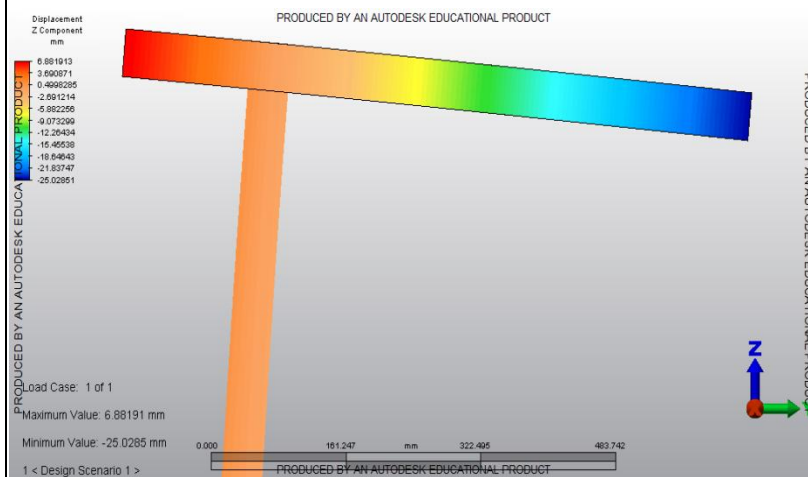


Figura 5.5 Desplazamiento de la estructura en el eje Z

**Resultado:**  
La estructura tendrá un desplazamiento en Y (hacia adelante) de 40 mm

**Resultado:**  
La estructura tendrá un desplazamiento en Z (hacia abajo) de 25 mm

Para unir el PTR y el tubo mecánico (Figura 5.6), se procedió de la siguiente forma:

1. Se maquinó un barreno de 48 mm de diámetro a través del PTR con ayuda de una broca sierra, dejando de un lado un tramo en voladizo de 55 cm para cargar al paciente y 15 cm del otro para colocar el sistema de elevación (polipasto).
2. Una vez hecho el barreno, el tubo mecánico se pasó a través del PTR para dar mayor estabilidad y resistencia a la unión. Se utilizó soldadura de micro alambre para unir las piezas. La resistencia de este tipo de soldadura



esta especificada en 70 KSI a esfuerzo cortante (482 MPa aproximadamente). Las características de esta soldadura aseguran que la unión no fallará a consecuencia de los esfuerzos cortantes a los que serán sometidas las piezas.

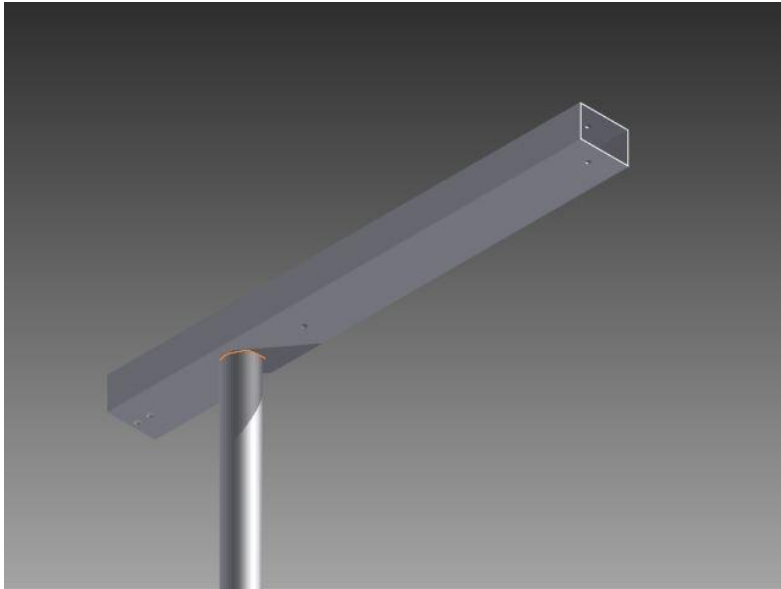


Figura 5.6 Unión soldada entre el PTR y el tubo mecánico

### 5.3 Diseño mecánico de la base móvil

La base que soportara al poste principal también desempeña un papel importante durante el traslado del paciente. Del correcto diseño de la base dependerá el equilibrio del sistema (es decir, que el dispositivo no se voltee durante el traslado) y la comodidad y facilidad de operación.



### 5.3.1 Selección de la forma de la base

<b>UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	<b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b>	<b>Cliente:</b> <b>Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro</b>
<b>Unidades:</b>	<b>ASUNTO:</b>	<b>Producto:</b>  Dispositivo para traslado de pacientes
Realizó: Javier Castañeda Tenango	Diseño de la base móvil	<b>RESULTADO</b>
Fecha:01-Abril-2013		<p>El diseño de la base del dispositivo de traslado tiene que adaptarse a varias necesidades fundamentales del cliente. En primer lugar, tiene que poseer las dimensiones adecuadas para entrar con facilidad en las instalaciones del hospital (Figura 5.7), tiene que ser fácil de maniobrar y tiene que brindar soporte y equilibrio cuando se esté efectuando el traslado.</p>  <p>Figura 5.7 Instalaciones del hospital</p> <p>La directriz más importante para diseñar la base es el espacio dentro de las instalaciones del hospital. Las dimensiones de los cuartos son reducidas y es por eso que maniobrar la grúa por el cuarto no es una opción viable.</p> <p>Para resolver este problema, el equipo de trabajo propuso un diseño innovador el cual consiste en proveer a la columna principal con un grado de libertad rotatorio esto con la finalidad de girar únicamente la columna y evitar el mover todo el dispositivo por la habitación.</p> <p>Una vez resuelto este problema, se procedió a analizar las posibles configuraciones de patas que puedan brindar estabilidad al dispositivo durante el traslado. En la figura 5.8</p>



se pueden apreciar los diseños conceptuales que se propusieron para diseñar la base.

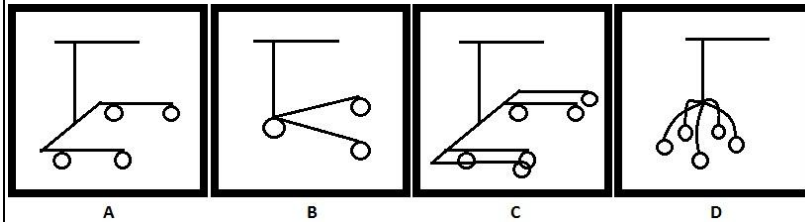


Figura 5.8 Posibles configuraciones de patas

La configuración A es una base tradicional de grúa, la B son patas en forma de Delta, la C es una variante de base tradicional, que cuenta con 2 patas fijas y 2 patas móviles a los extremos y la D es una configuración que se utiliza en las sillas de oficina.

Para construir la base, se propuso utilizar PTR de 3x2 pulgadas con espesor de 1/8 de pulgada para las 4 patas y el travesaño que une dichas patas. En la figura 5.9 se puede apreciar el cómo estaría conformada la base de la máquina.

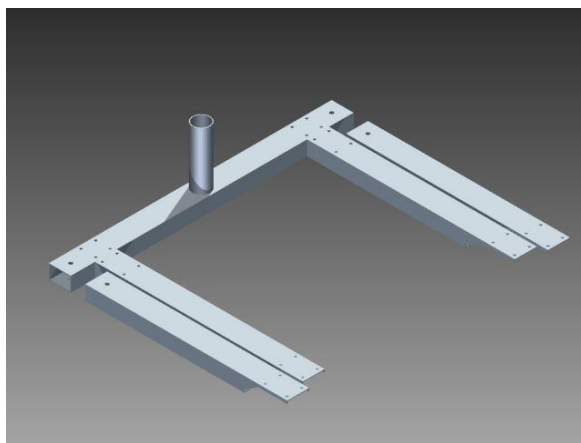


Figura 5.9 Configuración de la base

Las patas fijas serán aseguradas al travesaño por medio de soleras y un arreglo de tornillos, una arriba y otra por debajo del PTR para evitar algún tipo de falla en la unión.

Las patas móviles se unirán al travesaño con un perno y una solera, de igual forma por arriba y por abajo, que permitirá el

### Resultado:

Se tomó la decisión de utilizar la configuración C pues las patas móviles se pueden ajustar a cualquier ángulo que el operario desee para mantener el equilibrio del dispositivo cuando se gire la columna principal con el paciente



giro de dichas patas.

Se puede apreciar en la figura 5.9 que una sección de tubo mecánico estaría unida al travesaño. Como se explicó anteriormente, se decidió proveer a la columna principal con un grado de libertad rotatorio, es decir, este “tubo contenedor” sería el soporte de la columna principal para permitir dicho giro.

Uno de los objetivos principales del dispositivo de traslado es que se puedan efectuar todos los posibles casos de traslado (de cama a camillas, de cama a sillas, de piso a camilla o silla y viceversa).

Durante la investigación de campo, se tomaron medidas de las habitaciones, de las camas de reposo, de las camillas, sillas de ruedas, sillas especiales para ir al sanitario y se encontraron varios detalles.

Por ejemplo, las camas tienen barras soldadas a las patas y eso deja un espacio entre el piso y las barras de aproximadamente 18 cm. Por otro lado, las sillas de ruedas tienen un ancho que oscila entre los 64 y 65 cm.

También se encontró que las dimensiones de las puertas de los cuartos varían entre los 95 y 100 cm.

Estas dimensiones sirvieron de directriz para establecer las medidas finales de la base

**Resultado:**

- 1. La altura máxima de la base debe oscilar entre 14 y 15 cm.**
- 2. La abertura entre las patas fijas debe ser de 65 cm, para permitir el acceso de una silla de ruedas.**
- 3. Las patas móviles deben girar un máximo de 90° para mantener el equilibrio del sistema**
- 4. Tomando en cuenta las dimensiones anteriores, la longitud total del travesaño será de 98 cm aproximadamente.**

### **5.3.2 Diseño del grado de libertad rotatorio de la columna**

La columna principal debe cumplir dos funciones, debe soportar con seguridad el peso del paciente y debe poder girar para trasladarlo a otro mobiliario. En esta sección se diseñara el sistema que permitirá a la columna el realizar este giro para facilitar el traslado.





<b>UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	<b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b>	<b>Cliente:</b> Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro
<b>Unidades:</b>	ASUNTO:	Producto:
Realizó: Javier Castañeda Tenango	Diseño del grado de libertad rotatorio de la columna	Dispositivo para traslado de pacientes
Fecha:01-Abril-2013		
<p>El principal problema que se debe resolver, es la diferencia que existe entre los diámetros de la columna y el “tubo contenedor” (diámetro exterior de 48.26 mm y diámetro interior de 60.32 mm respectivamente).</p> <p>Existe una diferencia de 12.06 mm que impide realizar un giro adecuado de la columna.</p> <p>Otro problema es la fricción existente entre metales cuando se intente girar la columna. Se debe reducir al máximo esta fuerza para facilitar al operario el realizar dicho giro.</p> <p>Para resolver el problema de la fricción, se utilizó un balero de carga axial, de esta forma la columna se recargaría encima de este balero y permitiría realizar el giro. Después de consultar varios distribuidores y analizar las características de baleros axiales, se encontró un balero de la marca Nachi con las siguientes especificaciones (figuras 5.10 y 5.11):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Marca: Nachi</li> <li>➤ Categoría: Balero cónico</li> <li>➤ Modelo: H-30205J</li> <li>➤ d: 25 mm</li> <li>➤ D: 52 mm</li> <li>➤ B: 15mm</li> <li>➤ Carga estática: 33700 N</li> <li>➤ Carga dinámica: 31500</li> </ul> <p>N</p>		<p style="text-align: center;"><b>RESULTADO</b></p>

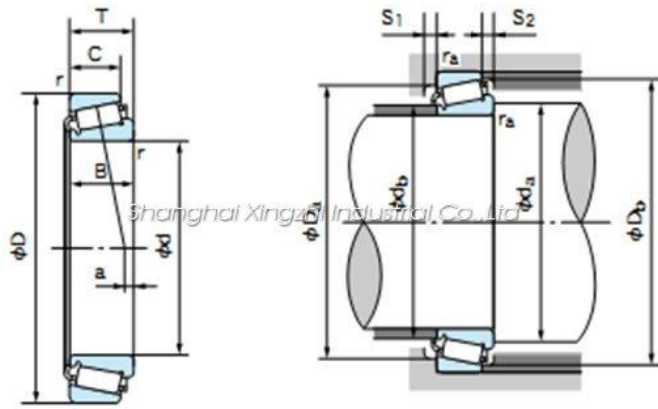


Figura 5.10 Especificaciones del balero (Shangai Xinzhi Industrial Co.)



Figura 5.11 Balero Nachi H-30205J

Ahora bien, para resolver el problema de la diferencia de diámetros, se propuso la aplicación de bujes para centrar la columna en el tubo contenedor y permitir el correcto desplazamiento rotacional de la misma.

En primera instancia, se pensó en manufacturar un solo buje que abarcara la totalidad de la longitud del tubo contenedor, pero por cuestiones de esfuerzos generados en el área de contacto del buje y el tubo contenedor y también por precios de manufactura, se decidió utilizar 2 bujes, uno en la parte inferior del tubo contenedor para centrar la columna y el balero; y otro en la parte superior para completar el centrado (Figura 5.12).



Figura 5.12 Centrado de la columna con los bujes

Los bujes fueron mandados a fabricar en acero 4140 (figura 5.13). Este acero aleado al cromo-molibdeno, cuenta con buenas características de estabilidad dimensional, muy versátil y apto para esfuerzos de fatiga y torsión.



Figura 5.13 Bujes de centrado de la columna

Estos bujes, en conjunto con el balero, permitirán al operario rotar la columna y trasladar al paciente de su cama a otro mobiliario sin la necesidad de maniobrar el dispositivo por toda la habitación.

## 5.4 Diseño mecánico del polipasto



<b>UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	<b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b>	<b>Cliente:</b> Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro
<b>Unidades:</b>	ASUNTO:	Producto:
Realizó: Javier Castañeda Tenango	Diseño del sistema de elevación (polipasto)	Dispositivo para traslado de pacientes
Fecha:01-Abril-2013		<b>RESULTADO</b>
<p>El sistema de elevación manual del paciente es una de las partes críticas del dispositivo de traslado. De su correcto diseño y manufactura dependerá la facilidad y la seguridad de operación, pues este elemento está sometido a dos fuerzas principales: el peso del paciente y la fuerza de contrapeso que ejerce el operario para elevarlo. En esta sección se analizarán las fuerzas involucradas y se propondrá un diseño apto para ser utilizado en la elevación del paciente.</p>		
<p>Un polipasto (Figura 5.14) es un dispositivo que combina poleas fijas y móviles. Este sistema es recorrido por una sola cuerda que tiene uno de sus extremos anclado a un punto fijo. La función que cumple cada uno de los elementos de este sistema son las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poleas fijas: tienen por misión modificar la dirección de la fuerza (potencia) que se ejerce sobre la cuerda. El hecho de ejercer la potencia en sentido descendente facilita la elevación de cargas, pues el operario puede valerse de su propio peso.</li> <li>2. Poleas móviles: tiene por misión proporcionar ganancia mecánica al sistema. Por regla general, cada polea móvil nos proporciona una ganancia igual a 2.</li> <li>3. Cuerda (cable): transmite las fuerzas entre los diferentes elementos. Su resistencia a la tracción ha de estar en función del valor de la <i>resistencia</i> y de la ganancia mecánica del sistema, que a su vez depende del número de poleas móviles y de su combinación con</li> </ol>		



las fijas.

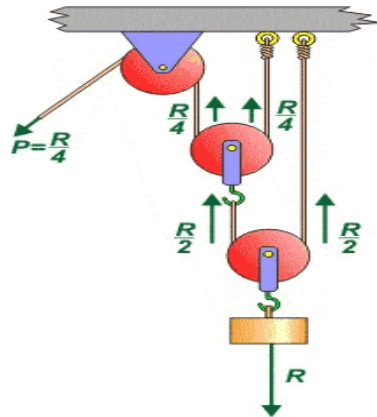


Figura 5.14 Polipasto factorial

Este sistema tiene el inconveniente de que la distancia a la que puede elevarse un objeto depende de la distancia entre poleas (normalmente entre las dos primeras poleas, la fija y la primera móvil). Para solucionarlo se recurre a mecanismos en los que varias poleas fijas y móviles acoplados respectivamente en ejes comunes, son recorridos por la misma cuerda (Figura 5.15).

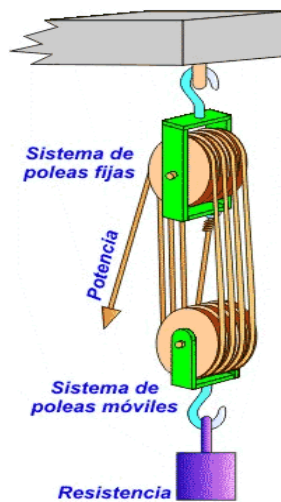


Figura 5.15 Variante de polipasto factorial

Para elevar al paciente, se tomó la decisión de utilizar la variante de polipasto, pues no se cuenta con el espacio necesario para acomodar uno convencional.

De acuerdo a la ecuación 5.1, si se tiene una resistencia R de



100 kg y proponiendo un polipasto de  $n$  poleas móviles (en este caso, 4 poleas móviles)

$$F = \frac{R}{2 * n} \quad (5.1)$$

$$F = \frac{100}{2 * 4}$$

Se observa que se obtiene una gran ventaja mecánica con un sistema de 4 poleas móviles.

El polipasto estará conectado en el PTR de la columna principal, en el lado de 15 cm en voladizo (ver figura 5.3). 4 poleas fijas estarán conectadas al PTR y estas a su vez estarán entrelazadas con un cable de acero a las poleas móviles.

Se cotizaron en el mercado varios modelos de poleas. Los principales criterios de selección de las poleas eran:

1. Resistentes a los esfuerzos
2. Diámetro de la polea que oscile entre 1" y 4"

Al final de la investigación de mercado, se encontró un modelo de polea adecuado a las necesidades (Figura 5.16).



Figura 5.16 Polea de acero inoxidable

Para asegurar que el polipasto proporcione al 100% la ventaja mecánica que se necesita, el cable que une el sistema fijo y

### Resultado:

Con 4 poleas móviles, la fuerza ejercida por el operario para elevar la carga será de 12.5 kg

### Resultado:

Características de las poleas:

1. Polea y carcasa de acero inoxidable
2. Diámetro de la polea 1.5"
3. Barreno de sujeción de la polea de 1/4" de diámetro



móvil de poleas siempre debe mantener la vertical. Por ello, las placas que sostengan ambos sistemas deben asegurar la linealidad de todas las poleas.

En la figura 5.17 se puede apreciar una propuesta de placa para ambos sistemas

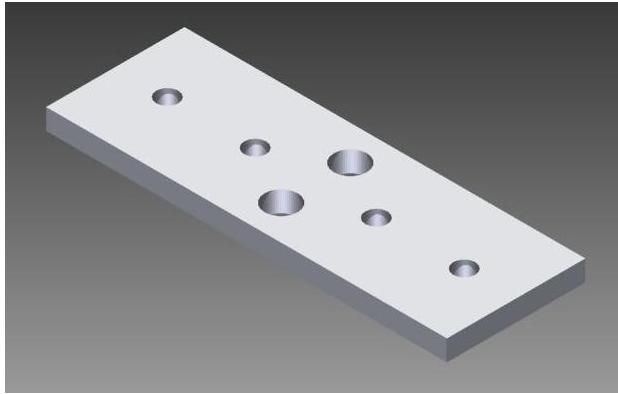


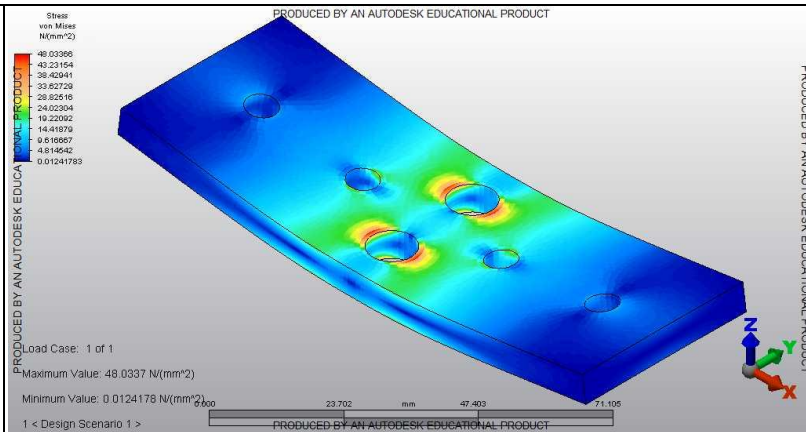
Figura 5.17 Placa de las poleas

Los 4 barrenos que se encuentran distribuidos a lo largo de la placa servirán para sujetar las poleas con ayuda de tornillos de acero inoxidable de diámetro  $\frac{1}{4}$ ". Los dos barrenos restantes servirán para sostener la placa.

Para asegurar que la placa soportará las fuerzas a las que será sometida, se hicieron análisis de elemento finito para conocer la concentración de los esfuerzos y las posibles deformaciones. La placa fue sometida al simulador a una fuerza de 1000 N y un acero estructural A36.

En cada uno de los barrenos existirá una fuerza de 250 N, esta es la fuerza a la que estará sometido cada tornillo de sujeción. En los dos barrenos restantes habrá fuerzas de 500 N en cada uno, esta es la fuerza de contrapeso. En la figura 5.18 se puede apreciar la concentración de esfuerzos en la placa.



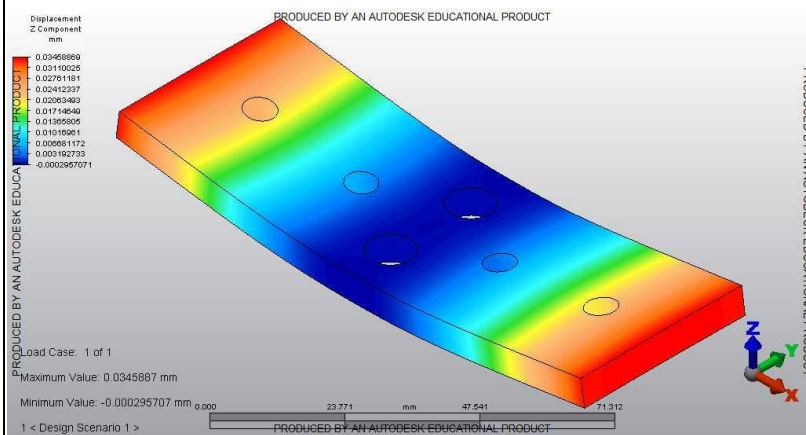


### Resultados:

Existe una concentración máxima de esfuerzos en la parte media de la placa de 48 MPa

Figura 5.18 Concentración de esfuerzos en la placa de las poleas. De acuerdo con los resultados arrojados por la simulación, el esfuerzo máximo en la placa no sobrepasará el esfuerzo de cedencia del material.

La deformación que sufrirá la placa al momento de cargarla se muestra en la figura 5.19



### Resultado:

Deformación máxima en el eje Z: 0.03 mm

Figura 5.19 Deformaciones en la placa

El sistema de poleas fijo y móvil del polipasto tendrá la configuración que se muestra en la figura 5.20



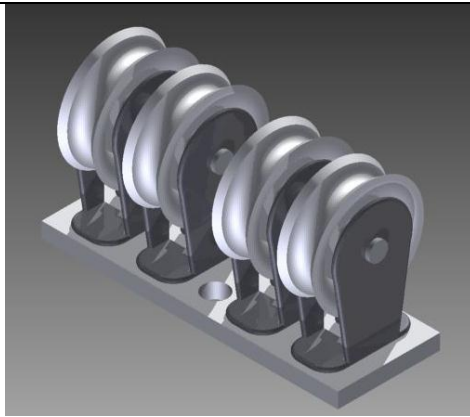


Figura 5.20 Configuración final del polipasto

La figura 5.21 muestra la localización del sistema de elevación



Figura 5.21 Polipasto montado en la columna principal

Para que el operario pueda levantar al paciente, el extremo libre del cable del polipasto fue sujetado a un malacate manual (figura 5.22) con una capacidad de arrastre de 300 lb



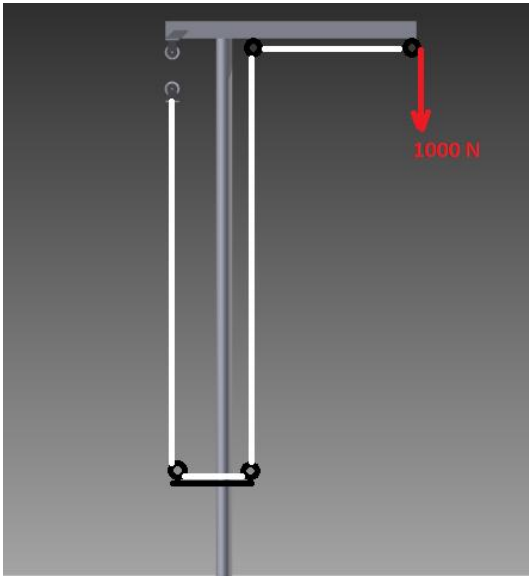
Figura 5.22 Malacate manual



## 5.5 Diseño mecánico del sistema de transmisión

El polipasto es el sistema que proporcionara la ventaja mecánica al operario para levantar al paciente con el mínimo esfuerzo. Una vez diseñado, se debe diseñar la transmisión que unirá al sistema móvil del polipasto con el paciente.

Este sistema estará soportando en su totalidad el peso del paciente, es por ello que debe soportar con seguridad las fuerzas a las que será sometido

<b>UNAM Posgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	<b>MEMORIA DE ANÁLISIS</b>	<b>Cliente:</b> Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro
<b>Unidades:</b>	ASUNTO:	Producto:
Realizó: Javier Castañeda Tenango	Diseño del sistema de transmisión	Dispositivo para traslado de pacientes
Fecha:01-Abril-2013		<b>RESULTADO</b>
<p>Las poleas móviles del polipasto deben estar conectadas a la carga, en este caso al peso del paciente, para obtener la ventaja mecánica deseada. En la figura 5.23 se observa una propuesta de diseño del sistema de transmisión.</p>		
 <p>The diagram shows a pulley system with a fixed upper pulley and a mobile lower pulley. A cable is attached to the upper pulley, passes under the lower pulley, and is fixed to the upper pulley. A red arrow labeled '1000 N' points downwards from the lower pulley, representing the load.</p>		
<p>Figura 5.23 Propuesta de sistema de transmisión</p>		
<p>Se propuso esta configuración pues en este tipo de polipasto el cable que transmite la fuerza para levantar la carga siempre debe estar en posición vertical. La función de las 4 poleas es la de únicamente redireccionar la fuerza de 1000 N, esto significa</p>		



que la fuerza no se divide entre las 4 poleas como es el caso del polipasto.

Las poleas que se encuentran en la parte superior estarían sujetas al PTR con tornillos de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$ ". El par de poleas que se localizan en la parte inferior de la columna necesitan algún tipo de soporte para completar el sistema de transmisión.

Este soporte (Figura 5.24) constara de 2 escuadras que serían atornilladas a la columna principal con tornillos de acero inoxidable de diámetro  $\frac{5}{16}$ ". A su vez, una solera con un barreno de diámetro 48.26 mm se sujetaría con tornillos de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$ " a estas escuadras para permitir el paso de la columna. El material de este soporte sería acero estructural A36.

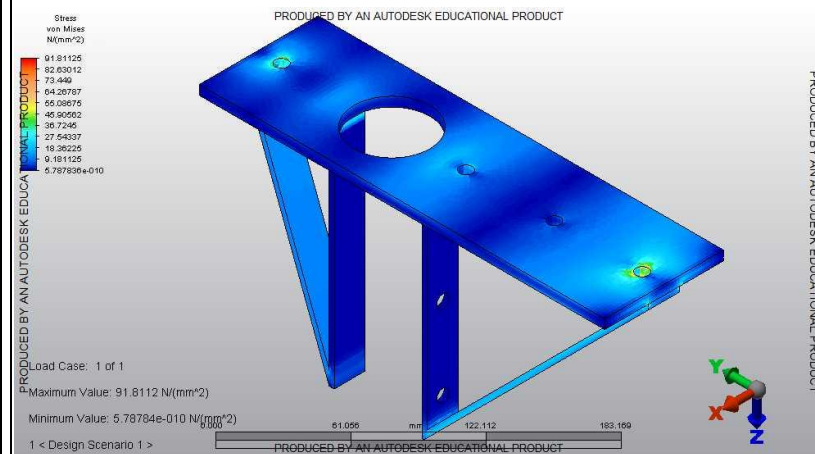


Figura 5.24 Soporte de las poleas

En los barrenos que se encuentran en los extremos de la placa se atornillarían las poleas. Es en estos barrenos en los que la fuerza de 1000 N estaría provocando los mayores esfuerzos en la placa.



Un análisis de elemento finito a este ensamble se muestra en la imagen 5.25.

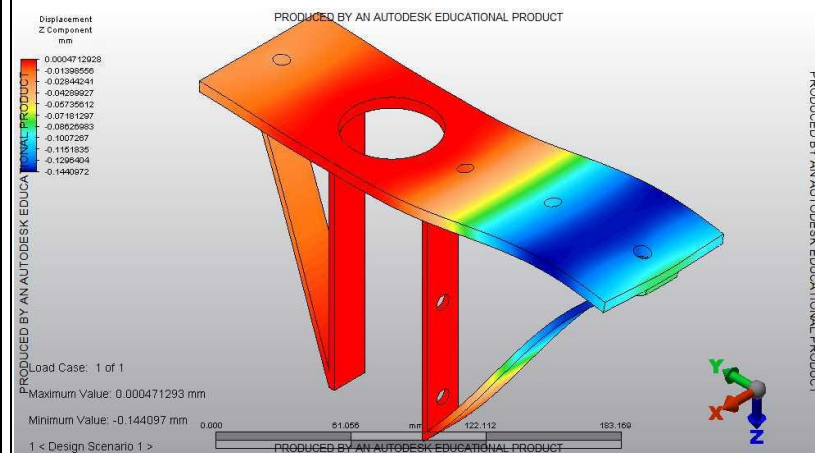


**Resultado:**  
**La concentración máxima de esfuerzos se localiza en los barrenos de los extremos de la placa. Se presentan esfuerzos máximos de 36 MPa**

Figura 5.25 Concentración de esfuerzos en la placa del soporte

El análisis muestra que los esfuerzos generados por la fuerza de 1000 N no rebasaran el límite de fluencia del material.

Las deformaciones que pueda presentar este ensamble (figura 5.26) son de suma importancia ya que si existe una deformación notoria se puede perder la línea vertical en el cable y los esfuerzos pueden aumentar su intensidad.



**Resultado:**  
**La deformación máxima en el eje Z es de 0.1 mm**

Figura 5.26 Deformaciones en el soporte de las poleas

Las deformaciones mostradas en la simulación son mínimas, no sobrepasan 1 mm. En conclusión, el soporte redireccionará



la fuerza y soportará los esfuerzos.

En la figura 5.27 se muestra el arreglo final de las poleas en el soporte diseñado.

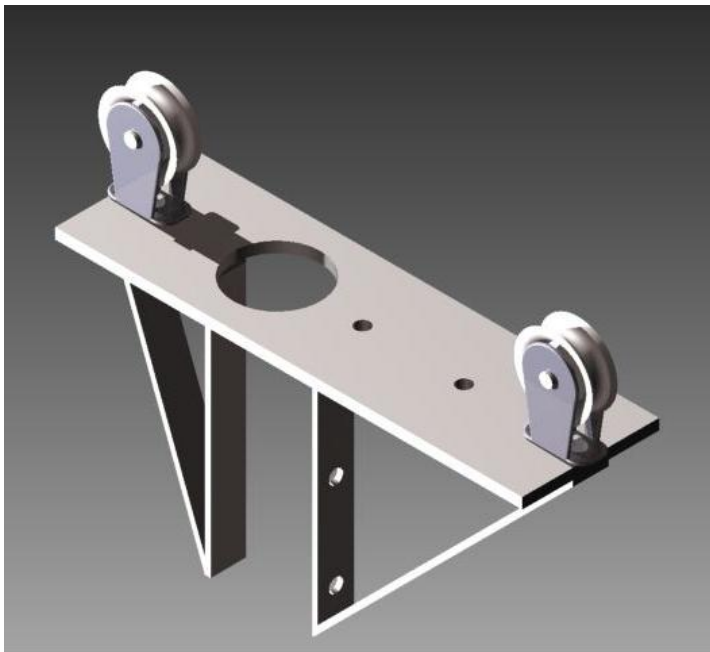


Figura 5.27 Soporte de las poleas

En la figura 5.28 se puede apreciar la configuración final del sistema de elevación del paciente



Figura 5.28 Sistema de elevación del paciente



## 5.6 Fabricación del prototipo

Una vez hechos los cálculos y las simulaciones pertinentes para validar el diseño a detalle del dispositivo de traslado, se procedió a manufacturar cada una de las piezas. Las dimensiones finales se muestran en los planos del Anexo G.

En la figura 5.29 se muestra la base del dispositivo ya terminada. Estos fueron los pasos que se siguieron para su construcción:

1. Se hicieron 8 barrenos de diámetro  $5/16$ " en el travesaño que une las 2 patas fijas y 2 barrenos de diámetro  $1/2$ " en los extremos para las patas móviles
2. Dos soleras se usaron para unir las patas fijas con el travesaño, una solera en la parte superior que aparte sirve de apoyo para la rueda loca trasera y una solera en la parte inferior para darle mayor rigidez a la unión.
3. Se hicieron 4 barrenos en cada pata para colocar las ruedas locas
4. Para unir el tramo de tubo mecánico al travesaño, se utilizó soldadura de micro alambre. Es una unión a traslape entre estos dos elementos
5. Se usaron tornillos de acero inoxidable con rondanas estriadas para asegurar la integridad de la unión de las patas con el travesaño



Figura 5.29 Base móvil del dispositivo de traslado





Para construir la columna principal (figura 5.30) se siguieron los siguientes pasos:

1. Se cortó un tramo de 1.70 metros de tubo mecánico. Este tubo es la columna principal
2. Se cortó además un tramo de 75 cm de PTR que es el tramo en voladizo donde se va a levantar al paciente.
3. Se hizo un barreno de diámetro 48 mm con ayuda de una broca sierra (figura 5.31). Este barreno se cruzó a través del PTR para que la unión con el tubo mecánico resista los esfuerzos que se generarían con el peso del paciente.
4. Se hicieron 2 barrenos de diámetro  $5/16''$  en la parte inferior del tubo mecánico para sujetar el soporte de las poleas de transmisión
5. Se hicieron 2 barrenos de diámetro  $5/8''$  en la parte media del tubo mecánico para sostener el malacate manual (figura 5.32)
6. Se hicieron 2 barrenos de  $1/4''$  en el voladizo de 55 cm del PTR para colocar las dos poleas restantes del sistema de transmisión
7. Se hicieron 2 barrenos de  $3/8''$  de diámetro en el voladizo de 15 cm del PTR para sujetar el sistema de poleas fijo del polipasto.
8. Se utilizó soldadura de micro alambre para unir el tubo con el PTR



Figura 5.30 Columna principal del dispositivo de elevación



Figura 5.31 Manufactura del barreno con la broca sierra



Figura 5.32 Sujeción del malacate a la columna principal





El polipasto (figura 5.33) fue construido siguiendo los siguientes pasos:

1. Dos placas rectangulares con dimensiones 16 cm por 4 cm fueron cortadas de una solera
2. 4 barrenos de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro fueron maquinados para sostener las poleas con tornillos de acero inoxidable
3. 2 barrenos de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro fueron maquinados para sostener las placas. La placa que sostendrá las poleas fijas será atornillada al PTR con tornillos de acero inoxidable y la placa de las poleas móviles será sujeta a un par de armellas de acero inoxidable para amarrar el cable que une al paciente con el polipasto.



Figura 5.33 Polipasto (sistema móvil de poleas)

Para cargar al paciente, se compró un arnés (figura 5.34) el cual consta de las siguientes características

1. Un juego de 6 correas ajustables a diferentes alturas
2. Este arnés está especialmente diseñado para que el usuario pueda ir al baño sin necesidad de bajarse.
3. Está diseñado para brindar soporte en la espalda del paciente

Un par de mosquetones se conectarán al extremo del cable del sistema de transmisión para unir el arnés y completar el sistema de elevación del paciente



Figura 5.34 Arnés de sujeción del paciente

En la figura 5.35, se puede apreciar el dispositivo de traslado de pacientes ya terminado y sosteniendo un peso de 70 kilos aproximadamente.



Figura 5.35 Dispositivo de traslado de pacientes terminado



---

## 5.7 Pruebas en el hospital

El prototipo fue probado en diversas ocasiones soportando un peso de 80 kg en las instalaciones del Centro de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería.

Una vez que la máquina fue probada y se comprobó su resistencia a los esfuerzos a los que fue sometida, se procedió a platicar con las autoridades del hospital para probar el dispositivo en sus instalaciones.

El jefe de enseñanza de la Unidad de Rehabilitación, el Doctor David Rojano, autorizó la entrada del equipo de trabajo a la sección de hospitalización para realizar las pruebas pertinentes.

Las pruebas se llevarían a cabo en varias etapas antes de probar el prototipo con un paciente real, pues en la actualidad, existe un protocolo internacional de seguridad para pacientes, en donde el punto más destacado es eliminar el riesgo de caídas. Estas etapas fueron las siguientes:

1. El prototipo sería llevado a diversas áreas del hospital para probar su movilidad
2. Se probaría en primera instancia con una persona sana
3. Se probaría una situación de traslado de la cama de reposo a una silla de ruedas y viceversa

Y las características a evaluar serían:

1. Facilidad de maniobrabilidad
2. Facilidad para levantar a la persona y comodidad durante el traslado
3. Altura que alcanza el dispositivo para levantar al paciente
4. Tiempo de traslado

### 5.7.1 Facilidad de maniobrabilidad

El dispositivo de traslado encontró su primera falla al no poder entrar en el ascensor. La dimensión de la base (98 cm) sobrepasaba la del ascensor (90 cm). Por ello se tuvo que desensamblar la estructura para subir al primer piso.

Una vez llegando al cuarto de reposo, el dispositivo entro bien por la puerta del cuarto (figura 5.36) pero una revisión exhaustiva de las dimensiones de los cuartos demostró que las dimensiones de las puertas oscilan entre los 90 y los 100 cm. En general, ningún cuarto tiene las mismas dimensiones.





Figura 5.36 Dispositivo a través de la puerta del cuarto

Las dimensiones de la base tendrían que ser modificadas para que se adaptaran a cualquier espacio de las instalaciones del hospital.

Una vez dentro del cuarto, el dispositivo presentó algunos problemas de maniobrabilidad, debido al exceso de dimensiones en la base. También se presentaron problemas para que una silla de ruedas entrara en el espacio de 65 cm entre las patas fijas.

El dispositivo entró bien bajo la cama de reposo, la altura de la base fue la adecuada.

### **5.7.2 Facilidad para levantar a la persona y comodidad durante el traslado**

Las pruebas se llevaron a cabo con la colaboración del asesor de este trabajo de investigación, el Dr. Vicente Borja Ramírez. El sujeto de pruebas tomó lugar en la cama de reposo y se le colocó el arnés (figura 5.37). Se sujetó el arnés al sistema de elevación y el jefe de enseñanza fue el encargado de realizar el traslado.



Figura 5.37 Colocación del arnés al sujeto de pruebas

Durante la etapa de elevación, el sistema presento algunos problemas. El cable que unía los sistemas de poleas fijas y móviles no mantuvo la vertical y las poleas que se encontraban en los extremos de las placas experimentaron un aumento en los esfuerzos.

Otro problema se presentó en las poleas que se encontraban en la parte baja de la columna principal. Las carcasas que sostienen a las poleas se deformaron, aprisionándolas e impidiendo el giro.

El aumento en la fuerza y esta situación dificulto al operario la elevación de la persona.

A pesar de estos contratiempos, el traslado fue realizado con éxito entre la cama y la silla de ruedas (figura 5.38).



Figura 5.38 Traslado de la cama a la silla de ruedas



La mejora del grado de libertad giratorio de la columna principal ayudo a facilitar la movilización del paciente.

Con respecto a la comodidad del “paciente”, el arnés brindo un buen soporte en la espalda y en las piernas. Pero surgió el inconveniente que las correas del arnés se unían en un punto (en los mosquetones). Esto provocaba que las correas aprisionaran al paciente impidiendo la movilidad de los brazos.

### **5.7.3 Altura que alcanza el dispositivo para levantar al paciente**

A pesar de las deformaciones en algunas de las partes del sistema de transmisión, el dispositivo alcanzo una buena distancia de elevación. Se alcanzó una altura que oscilaba entre 1 y 1.3 m desde el piso. De acuerdo a la información y la experiencia del hospital con otros dispositivos de traslado, esta es la primera máquina en alcanzar esa altura.

Estas son algunas de las ventajas que las autoridades ven a esta altura:

1. Permite al operario librar varios obstáculos, como pueden ser respaldos de sillas de ruedas y cabeceras de las camas y así evitar algún contacto innecesario.
2. Permite separar en su totalidad el paciente de la cama y se evita el arrastrarlo por el colchón, lo que podría provocar lesiones ulcerosas
3. Permite realizar traslados del colchón a todos los tipos de mobiliarios con los que cuentan: de cama a sillas de ruedas, a sillas especiales para ir al sanitario, a camas para baño y cualquier tipo de camilla
4. Permite levantar pacientes desde el piso y colocarlos en cualquier mobiliario

### **5.7.4 Tiempo de traslado**

El tiempo de traslado entre la cama y la silla de ruedas se llevó a cabo en un tiempo de entre 10 y 15 minutos. Esto se debió principalmente a los problemas que surgieron con el sistema de elevación. Pero no se debe olvidar que el traslado se realizó con ayuda de una persona sana y totalmente capaz de cooperar. En el caso de un paciente con poca o nula cooperación, este tiempo se puede elevar (debido a la colocación del arnés y los cuidados que se deben tener con este tipo de pacientes durante el traslado).



## 5.8 Oportunidades de mejora

Después de terminadas las pruebas en las instalaciones del hospital, se lograron identificar varias oportunidades de mejora del prototipo. Estos son los principales problemas que surgieron y las oportunidades propuestas para mejorar el funcionamiento del dispositivo:

- 1. El hospital cuenta con un protocolo internacional en el cual todos los hospitales se comprometen a eliminar cualquier riesgo de caída. Las autoridades mencionaron que lograron observar deformaciones en algunas de las piezas de la base, aparte de las ya mencionadas deformaciones en las poleas. Esto hizo desconfiar del sistema de elevación del paciente.**

Debido a este protocolo y a que el personal del hospital está más interesado en la funcionalidad y en la seguridad del paciente más allá del precio de adquisición del equipo, el sistema de elevación manual se puede sustituir por un sistema automatizado. En la búsqueda de algún sistema de elevación automático, se encontraron varios modelos de malacates motorizados; estos malacates tienen varias ventajas:

- I. Están diseñados para soportar cientos de kilos
- II. Cuentan con un cable de acero resistente a las fuerzas
- III. Disponen de un control, el cual facilita la elevación de la carga

Para resolver el problema de la elevación del paciente, se consiguió un malacate eléctrico (figura 5.39) diseñado para levantar 900 kg (2000 lb), con cable de acero con una longitud de 12 m y un gancho de acero inoxidable para sujetar la carga.



Figura 5.39 Malacate eléctrico





Para proporcionar la energía necesaria para que el malacate funcione, se consiguió una fuente de alimentación de 12 VCD a 30 amperes (figura 5.40)

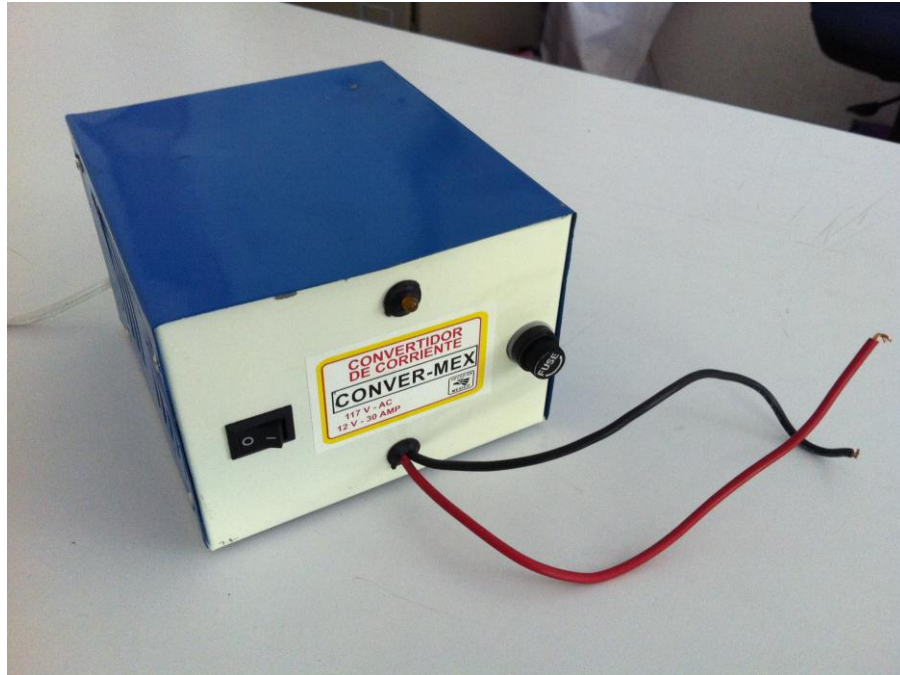


Figura 5.40 Fuente de alimentación de corriente directa

El PTR que une las 4 patas no resistió los esfuerzos generados durante el traslado. Se deformato en la sección media, donde el tubo mecánico se soldó (figura 5.41). Para resolver esta situación, se consiguió un PTR con las mismas dimensiones pero de un calibre más grueso.



Figura 5.41 Deformación en la parte media del travesaño





2. **El dispositivo no entro en el elevador, logro acceder al cuarto de reposo pero un análisis posterior en las habitaciones demostró que ninguna tiene las mismas dimensiones. Se notó una gran diferencia principalmente en las dimensiones de las puertas. Las sillas de ruedas no pudieron entrar en el espacio entre las patas fijas.**

La longitud del travesaño que une las 4 patas debía ser replanteada para que no existiera ningún problema de accesibilidad. La nueva dimensión directriz era la puerta del elevador, cuyo ancho es de 90 cm. La dimensión del travesaño fue modificada a 85 cm, por lo tanto, la configuración de la base se vio afectada. Al reducir la longitud del travesaño, sería imposible que una silla pudiera entrar entre las patas fijas. Por ello, se propuso el diseño mostrado en la figura 5.42 en donde las ruedas de la silla entrarían en un espacio entre las patas fijas y las móviles.



Figura 5.42 Nueva configuración de la base



Estas mejoras fueron aplicadas en una nueva iteración y el resultado se puede ver en la figura 5.43, en la cual se observa al malacate eléctrico soportando un peso de 80 kg aproximadamente.



Figura 5.43 Resultado de la segunda iteración del dispositivo de traslado de pacientes

## 5.9 Nuevas pruebas en el hospital

Las autoridades del hospital de nueva cuenta autorizaron al equipo de trabajo el acceso a sus instalaciones para realizar nuevas pruebas con el prototipo mejorado. Durante las pruebas, estuvieron presentes el jefe de enseñanza, el jefe del primer piso del área de hospitalización y personal sanitario en general.

El prototipo fue probado por el jefe de enseñanza, quien tomó el papel de paciente y operario y de nueva cuenta se consideró el caso de traslado de cama a silla de ruedas. Durante las pruebas como paciente (figura 5.44), estas fueron las ventajas y desventajas que pudo percibir:

1. El arnés brinda un excelente soporte a la espalda y las piernas del paciente
2. La comodidad no se compromete durante la elevación
3. El motor del malacate genera una gran cantidad de ruido, lo que provocó que se sintiera un poco nervioso
4. El traslado fue cómodo



5. El traslado fue relativamente rápido, dejando de fuera el tiempo requerido para colocar el arnés



Figura 5.44 El Jefe de Enseñanza usando el dispositivo como “paciente”

Estas son las ventajas y desventajas que pudo notar durante las pruebas como operario de la máquina (figura 5.45):

1. El malacate eléctrico hace que el operario del dispositivo levante al paciente con un mínimo esfuerzo
2. El grado de libertad giratorio de la columna reduce la necesidad de mover el dispositivo por toda la habitación para trasladar al paciente
3. Las patas móviles son de gran ayuda, pues con ellas se puede poner al paciente en cualquier punto reduciendo considerablemente el riesgo de caída
4. Las dimensiones del dispositivo garantizan su movilidad y accesibilidad en todas las áreas del hospital
5. Se pueden realizar todo tipo de traslados, de mobiliario a otro o de piso a mobiliario y viceversa
6. El motor del malacate genera una gran cantidad de ruido, lo que puede hacer sentir incómodo y nervioso al paciente





7. Presenta algunos problemas de maniobrabilidad
8. Algunos bordes del dispositivo pueden causar daños al operario y al paciente

A pesar de estos contratiempos, las autoridades dieron su aprobación a este dispositivo de traslado.



Figura 5.45 El Jefe de Enseñanza usando el dispositivo como “operario”



---

## Conclusiones

Se diseñó, fabricó y probó un dispositivo auxiliar para la transferencia de pacientes con incapacidad motriz que puede ser usado por personal de hospitales, por clínicas especializadas y por familiares. El dispositivo que se manufacturó demostró ser un gran auxiliar para la transferencia de pacientes de o hacia sus camas, camillas o sillas de ruedas; y se tomaron en cuenta los protocolos con los que cuenta este hospital con respecto al traslado de pacientes.

El proyecto reportado en este trabajo alcanzó la mayoría de los objetivos planteados. Partiendo de lo particular a lo general, se logró satisfacer la mayoría de las necesidades y expectativas del cliente.

Con respecto al diseño y construcción del prototipo, se alcanzaron grandes logros. Se propusieron varias mejoras al diseño que ninguna máquina de traslado en el mercado tiene. El grado de libertad giratorio de la columna principal facilitó el traslado del paciente, pues no fue necesario mover el dispositivo por toda la habitación. Para complementar este innovador sistema de traslado, se agregaron 2 patas móviles para mantener el equilibrio de la máquina.

Otro punto a favor de esta nueva propuesta son las dimensiones. Gracias a ellas, el dispositivo cuenta con una gran accesibilidad, pues las dimensiones de cuartos, pasillos y zonas de rehabilitación son reducidas y las autoridades del hospital ya tienen experiencia con dispositivos sobredimensionados.

Este diseño fue el resultado de la cooperación que surgió entre la Facultad de Ingeniería y la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Centro. Su apoyo fue fundamental para el desarrollo íntegro de este proyecto. Todas las actividades que se llevaron a cabo dentro de las instalaciones del hospital, tales como entrevistas, encuestas y observaciones de campo fueron de gran ayuda para la correcta aplicación de las primeras etapas de la metodología.

Las entrevistas y encuestas realizadas a pacientes y personal hospitalario arrojaron información de gran relevancia, pero el poder haber observado a los camilleros trasladar a los pacientes proporcionó datos que no hubieran podido ser obtenidos a través de dichas entrevistas.

El proceso genérico de desarrollo de productos permitió analizar toda la información obtenida durante la recolección de datos para entender las necesidades de los posibles usuarios de este



dispositivo de traslado. Cabe recalcar que para diseñar esta máquina, se tomaron en cuenta las necesidades de pacientes y del personal encargado del traslado.

Cada una de las etapas de las que está conformada la metodología sirvieron para captar la “voz del cliente” y se pudieron identificar varias necesidades que la máquina de traslado debía satisfacer.

La correcta aplicación de la metodología arrojó como resultado un diseño conceptual, el cual tiene como sustento dichas necesidades.

También se presentaron contratiempos que impidieron alcanzar una satisfacción total. Existieron fallas con el primer sistema de elevación, deformaciones en algunas de las poleas y en varias piezas que son de gran importancia para asegurar la integridad estructural de la máquina.

Estas fallas fueron analizadas y posteriormente fueron corregidas en la segunda iteración de prototipo. Esta nueva iteración que se mostró a las autoridades del hospital tuvo un mayor impacto, pues a comparación de la primera máquina, ésta satisfacía un mayor número de necesidades.

En conclusión, a pesar de las fallas que se presentaron, fueron resueltas a tiempo y con resultados aún más satisfactorios. Es cierto que faltó satisfacer algunas necesidades del usuario, pero las que quedaron cubiertas ayudaron a obtener la aprobación de las autoridades del hospital.

Este proyecto tiene aún un gran potencial, pues en nuestro país no existe una empresa que se dedique a manufacturar dispositivos médicos. Únicamente se dedican a la venta o renta de equipo. Además, las máquinas que existen en el mercado son funcionales hasta cierto punto ya que están diseñadas en su mayoría para un mercado distinto al mexicano.

Proyectos como estos, demuestran algunos puntos importantes:

1. Es necesario un mayor contacto entre el área de ingeniería y el área médica. En ocasiones una solución simple de ingeniería puede resolver muchos problemas en el área médica, es cuestión de que se entable un puente de comunicación entre estas dos disciplinas.
2. Se cuenta con el potencial para resolver problemas cotidianos en el área de hospitalización. Puede resultar fácil el adquirir una máquina extranjera para realizar una tarea tan común en un hospital como el traslado de pacientes, pero se estaría cerrando una puerta muy importante para el desarrollo de tecnología nacional.
3. Se puede desarrollar maquinaria que compite con las tecnologías disponibles en el mercado. Las mejoras que fueron incluidas en este prototipo impresionaron a las autoridades del



---

hospital, dejando en manifiesto que se puede entablar una competencia equilibrada entre nuevas tecnologías y tecnologías ya probadas.

Aún existe mucho por hacer, tanto en este proyecto como en el área de dispositivos médicos, pero una comunicación y una cooperación constante entre estas dos disciplinas garantizaran un desarrollo y un beneficio no solo para estas áreas, sino a las personas que utilicen este tipo de tecnologías.



---

## Trabajo a futuro

Debido a diferentes circunstancias, como la falta de tiempo, de equipo necesario para manufactura o de materiales, el proyecto no pudo ser concluido de manera satisfactoria, por lo cual se pretende seguir desarrollando la idea para completarla y mejorarla, de manera que el dispositivo cumpla al 100% con las expectativas del cliente.

Así mismo se tiene que hacer una valoración del proyecto para verificar que el trabajo desarrollado en el mismo tiene las bases necesarias para seguir en un proceso de mejora continua.

Los puntos que faltaron por desarrollar en el trabajo son:

1. Manubrio de dirección: uno de los detalles que faltó resolver al 100% es la maniobrabilidad. Al empujar el dispositivo, no sigue una línea recta, se mueve hacia los lados. Con la manufactura e implementación de un manubrio se puede resolver esta cuestión.
2. Gancho para el arnés: puesto que las correas del arnés se unen en un punto, en este caso en los mosquetones, se limita el movimiento de los brazos y el paciente puede llegar a sentirse incómodo. Es por ello que se propone la manufactura de un gancho, que tenga una longitud aproximada de 40 cm (la medida de una espalda promedio) esto con el objetivo que las correas tengan una separación y que el arnés no “aprisione” al paciente.
3. Mejores acabados: existen algunas partes puntiagudas que pueden causar daños al operario y al paciente si no se tiene el suficiente cuidado al manejar el dispositivo. Se necesitaría proponer una nueva iteración en la cual estos bordes fueran reducidos o eliminados.





---

## Referencia

- Díez García, Miguel Ángel, “Técnicas de movilización y traslado de pacientes en general”, Ponencia presentada en el Hospital de Medina del Campo, 2011
- Zaïdi, “*QFD, despliegue de la función de la calidad*”, Edit. Diaz de Santos, 199 pp., España, 1993.
- Juvinall, Robert C., *Fundamentos de diseño de ingeniería mecánica*, Edit. Limusa, 1997.
- Ulrich, Karl & Eppinger, Steven, *Diseño y desarrollo de productos*, edit. Mc Graw Hill, cuarta edición, 2009
- Stephen Uselac *Zen Leadership: The Human Side of Total Quality Team Management*, Londonville, OH. Mohi-can Publishing Company, 1993, pp. 52
- Wieck, King & Dyer, *Técnicas de enfermería: Manual Ilustrado*. 1989, pp. 100.
- Shigley, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Tercera edición en español, Edit. Mc Graw Hill (1985).
- Melero, Martin Torralba, *Transporte Intrahospitalario del paciente crítico*, Unidad de Cuidados Intensivos, Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, 2011
- Riley, *Resistencia de materiales*, Edit. Limusa.
- National Institute of Neurological Disorders and Stroke, *Lesión de la Medula Espinal*, *Department of Health and Human Services*, 2005
- Mott, Robert L., *Diseño de Elementos de Maquinas*, Editorial Pearson, Cuarta edición
- Unidad de Medicina Física Y Rehabilitación Centro, *Rehabilitación de la Persona con Lesión Medular*, 2012
- Kapandji, A.I. *Fisiología Articular*, Edit. Medica Panamericana, Quinta Edición



- 
- Dunn, Robert, *Dispositivo para la Elevación de Inválidos*, Patente Europea de la Gran Bretaña, Clasificación A61G7/10, 2005
  - Casa Ortiz (2013), *Catalogo en línea de materiales*. Disponible en:  
<http://www.casaortizferreteria.com.mx/menu/menu.html>
  - Beer, Ferdinand P., *et al.*, *Mecánica de Materiales*, Editorial Mc Graw-Hill, Quinta Edición, 2010



# ANEXO A

*En este anexo se muestran las entrevistas y encuestas que se llevaron a cabo durante la primera etapa de la metodología de diseño. Estas entrevistas se realizaron tanto al personal hospitalario como a los pacientes.*



---

## ENTREVISTA AL PERSONAL HOSPITALARIO

1. ¿Cuáles son los pacientes que se dificulta su movimiento de un lugar a otro?
2. ¿Cuáles son los pacientes que se dificulta su cambio de postura?
3. ¿Cuentan con algún dispositivo mecánico que ayude a mover a este tipo de pacientes?
4. ¿Cree que sea un factor importante en la curación de los pacientes, el que exista o no equipo adecuado para moverlos?
5. Mencione el nombre de algunos equipos comunes para la movilización de pacientes
6. ¿Cuál es el movimiento más difícil de realizar para ustedes, cuando una persona está delicada?
7. ¿Cree que es necesario diseñar un equipo para cada tipo de enfermo?
8. ¿Qué tipo de material debería tener?
9. ¿Cuál debe ser su tamaño?



---

## ENCUESTA AL PERSONAL HOSPITALARIO

1. ¿Qué tipo de pacientes son los que se necesitan mover más veces al día?
2. ¿Con que propósitos es necesario mover a una persona?
3. ¿Cuántas veces levantan un paciente al día?
4. ¿Cuántas personas en general, ayudan a levantar a un paciente?
5. En promedio ¿cuánto pesan las personas que cargan?
6. ¿Cuentan con ayuda de camilleros o personal especializado en movilización de pacientes?  
**En caso negativo, saltar a la pregunta 9.**
7. ¿Cuántos especialistas hay disponibles?
8. ¿Cuánto tiempo esperan a que lleguen los especialistas?
9. ¿Cuentan con algún protocolo o técnica especializada para movilizar pacientes?
10. ¿Ha sufrido algún daño al cargar pacientes?
11. En caso afirmativo, ¿Qué tipo de daños has sufrido?
12. ¿Has pensado en alguna forma de solucionar este problema?



---

## ENTREVISTA A PACIENTES

1. ¿Con que frecuencia necesita movilizarse a otras áreas del hospital?
2. ¿Quiénes le ayudan a movilizarse: camilleros, enfermeras o familiares?
3. ¿Cuántas personas le ayudan a trasladarse de su cama a otro mobiliario?
4. ¿Cuánto tiempo espera por alguien que lo ayude?
5. ¿Se siente usted cómodo cuando trasladan?
6. ¿Ha sufrido usted algunas lesiones por traslados?
7. ¿Cómo describiría los dispositivos de traslado más comunes: camillas, sillas de ruedas, etc.?
8. ¿Cómo se sentiría usted si hubieran dispositivos mecánicos que garanticen un traslado más cómodo y rápido?



# ANEXO B

*En este anexo se muestran la matriz necesidades-métricas, parte esencial de la Casa de la Calidad. Esta matriz relaciona las necesidades del cliente con los términos mesurables de ingeniería y ayuda a determinar qué concepto de ingeniería puede resolver la necesidad del cliente.*



		Metricas																
		Tiempo mínimo para localizarlo	Tiempo mínimo para trasladar al paciente	Permitirá traslados intra e interhospitalarios	Rango variable de altura	Medidas apropiadas de largo, ancho y altura	Materiales cómodos	La estructura soportará el peso del usuario	Facilidad de operación	Adaptable a diferentes tipos de pacientes	No empeorará lesiones superficiales	Atenuación de vibraciones que se transmiten al cuerpo del paciente	Rango variable de longitudes de piernas, tronco, brazos	Levantar al paciente de puntos específicos de piernas y espalda	Rangos variables de ángulos de piernas y columna	Tiempo mínimo de mantenimiento	Mínimo de herramientas para su mantenimiento	Disponibilidad de piezas de repuesto en el país
	Necesidades																	
1	El dispositivo Está disponible en el cuarto para utilizarse cuando sea necesario	■																
2	No tomara mucho tiempo trasladar al paciente de la cama al dispositivo		■															
3	Estará diseñado para traslados intra e interhospitalarios			■														
4	Podrá modificar su altura para realizar distintas actividades				■													
5	Se adaptará a las dimensiones del lugar donde sea utilizado					■												
6	Se podrá utilizar tanto en el hospital como en la casa						■											
7	Estará diseñado con materiales cómodos							■										
8	Levantará a cualquier paciente sin problemas								■									
9	Podrá ser operado por una sola persona									■								
10	Podrá ser utilizado tanto por camilleros como por familiares										■							
11	Ayudará a trasladar a pacientes con poca y nula movilidad											■						
12	Trasladará al paciente dependiendo de la lesión que se haya sufrido												■					
13	En caso de que el paciente tenga lesiones superficiales, éste no las agravará													■				
14	Mantendrá estable el cuerpo del paciente durante el traslado														■			
15	Se adaptará a las medidas de cada usuario															■		
16	Cargará al paciente de puntos específicos del cuerpo																■	
17	Permitirá al paciente adoptar diferentes posturas																	■
18	Será de fácil mantenimiento																	■
19	Será fácil de reparar																	■





# ANEXO C

*En este anexo se muestran el estudio de mercado o benchmarking que se realizó para conocer las tecnologías disponibles. Se pueden observar sus características principales y su precio, así como algunas imágenes de los dispositivos más comunes.*



EQUIPO	OPERACIÓN	CAPACIDAD DE CARGA	TAMAÑO	COSTO
<b>FUTURA - GRÚA DE PACIENTES "DIANA"</b>	Elevación eléctrica	200kg		
<b>Grua economica para pacientes</b>	Hidráulica	200kg	1.20*0.70*2m	\$11,000.00 M.N.
<b>Grua importada para pacientes</b>	Hidráulica	200kg	1.40*0.65*1.15m	\$14,500.00 M.N.
<b>Molift Partner 205</b>	Eléctrica	205kg	1.22*0.70*1.38m	
<b>MOLIFT PARTNER 255</b>	Eléctrica	255kg		784 (13,028 MN)
<b>Grúa BIRDIE</b>	Eléctrica	170kg	1.15*0.68*1.70	850 (14,124 MN)
<b>GRUA MOVIL PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD</b>	Hidráulica			\$6,900.00 M.N.
<b>GRÚA ADELLE MODELO ÁRBOL</b>		110kg	1*0.65*1.58m	
<b>Grúa Adelle Modelo Reforzada</b>		200kg	1*0.65*1.58m	
<b>Básica E-130</b>	Eléctrica	130kg		
<b>Chrome Hydraulic Lift</b>	Hidráulica	200kg	1.18*1.07*1.62m	\$1,075.36 USD (\$14,179)
<b>Painted Hydraulic Lift</b>	Hidráulica	200kg	1.18*1.07*1.63m	\$731.12 USD (\$9643.00 MN)
<b>Reliant 450 Battery-Powered Lift with Low Base</b>	Eléctrica	200kg	1.21*1.04*1.87m	\$3,024.32 USD (\$39,886)
<b>Invacare® Jasmine™ Premier Series Full Body Lift</b>	Eléctrica	226kg	1.18*1.24*1.89m	\$5,921.00 USD (78,115)
<b>Reliant 600 Heavy-Duty Power Lift with Power Opening Low Base</b>	Eléctrica	272kg	1.21*1.04*1.72m	\$5,665.92 USD (74,751)



<b>Lexa L</b>	Eléctrica	158kg		\$4,981.00 USD (65,714)
<b>Diana Comfort E</b>	Eléctrica	159kg	1.19*1*1.95m	\$2,802.00 USD (36,964)
<b>Tonya</b>	Eléctrica	158kg	1.11*0.60*1.27m	\$4,914.00 USD (64,835)
<b>FreeSpan UltraTwin</b>	Eléctrica	400-500kg		
<b>Waverley Glen P425</b>	Eléctrica	193kg		
<b>Grúa de techo para pacientes</b>	Eléctrica	130-270kg		
<b>Likorall</b>	Eléctrica	200-250kg		
<b>Multirall</b>	Eléctrica	200kg		
<b>Easytrack FS with V3 Lift</b>	Eléctrica	200kg		\$5,497.00 USD (78,446)
<b>C-450 Power Traverse</b>	Eléctrica	204kg		
<b>Griffin (P-425)</b>	Eléctrica	192kg		\$3,265.00 USD (43063)
<b>P-440 Portable Overhead Lift</b>	Eléctrica	200kg		\$2,350.00 USD (30,995)
<b>Voyager Portable Overhead Lifter</b>	Eléctrica	200kg		\$2,447.20 USD (32,277)



Figura C.1 Grúa Hidráulica Molift Partner 205



Figura C.2 Grúa hidráulica Invacare Jasmine Premier Series Full Body Lift



Figura C.3 Grúa hidráulica Birdie



Figura C.4 Grúa Hidráulica Chrome Hydraulic Lift



Figura C.5 Grúa motorizada Lexa L



Figura C.6 Grúa motorizada aérea Likorall



Figura C.7 Grúa motorizada aérea Griffin P-425





Figura C.8 Grúa motorizada de dos carriles FreeSpan UltraTwin



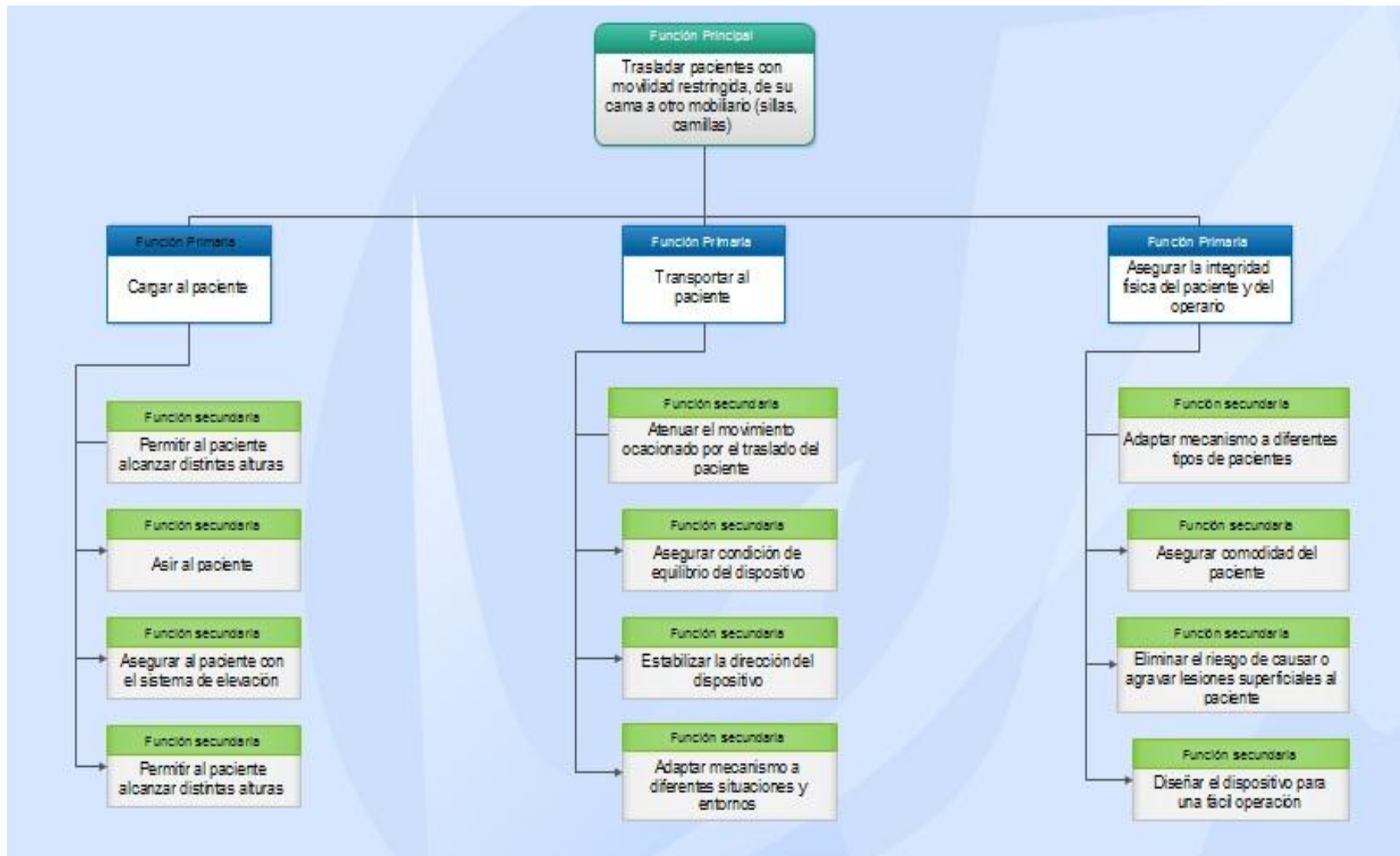
Figura C.9 Grúa motorizada aérea de un carril Easytrack FS y V3 Lift

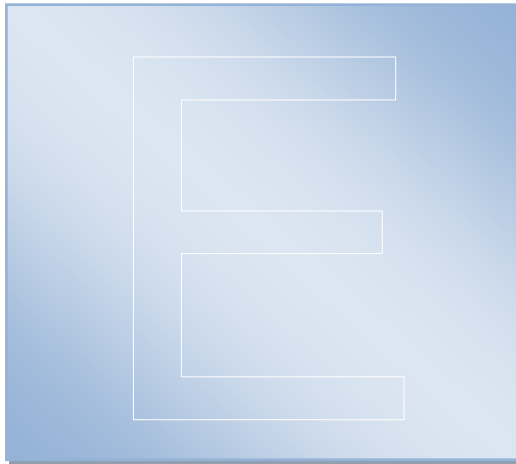




# ANEXO D

*En este anexo se muestra el árbol funcional. En este árbol se identificaron todas las funciones que debe ejecutar el dispositivo para realizar con éxito la función principal.*





# ANEXO E

*En este anexo se muestran los catálogos de la casa de materiales Casa Ortiz. De estos catálogos se eligieron tubos mecánicos y PTR adecuados para la construcción del dispositivo de traslado*



# Tubo Cédula 30

## MECANICO



Tramo Comercial 6.00 m.

Diámetro Nominal		Diámetro Interior	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Peso Teórico		Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Diámetro Interior
mm.	Pulg.	mm.	mm.	mm.	Kg/m	Kg/6m	Pulg.	Pulg.	Pulg.
13	1/2	17.5	21.33	1.9	0.83	5.00	0.839	0.075	0.689
19	3/4	22.9	26.67	1.9	1.16	6.96	1.051	0.075	0.902
25	1"	29.6	33.40	1.9	1.48	8.88	1.315	0.075	1.165
32	1 1/4	37.6	42.16	2.3	2.25	13.50	1.661	0.091	1.480
38	1 1/2	43.7	48.26	2.3	2.59	15.44	1.902	0.091	1.720
51	2"	54.9	60.32	2.7	4.62	27.72	2.374	0.106	2.161
64	2 1/2	67.6	73.03	2.7	4.83	28.98	2.874	0.106	2.661
76	3"	82.8	88.90	3.05	6.45	38.70	3.500	0.120	3.260
102	4"	108.2	114.30	3.05	9.44	56.64	4.500	0.120	4.260



182

Casa Ortiz  
Ferretería

El tubo mecánico Cédula 30 se fabrica de lámina rolado en caliente y se utiliza para barándaes, escaleras, andamios y usos en general. Su terminado por ser rolado en caliente es opaco igual que la placa comercial.





# Perfil PTR (OR)

## ESTRUCTURAL



**TABLA DE ESPECIFICACIONES**

Medida		Color Identif.	Espesor		Kg/ m	Kg/ 6m
Pulgadas	Milímetros		Pulg.	mm.		
1 x 1	25 x 25	Verde	3/32	2.38	1.700	10.200
		Rojo	1/8	3.18	2.100	12.800
		Blanco	3/32	2.38	3.000	18.000
1 1/2 x 1 1/2	38 x 38	Verde	1/8	3.18	3.300	19.800
		Rojo	5/32	3.97	3.900	23.600
		Blanco	3/32	2.38	4.000	25.000
2 x 2	51 x 51	Verde	1/8	3.18	4.600	27.600
		Rojo	5/32	3.97	5.500	33.000
		Blanco	1/8	3.18	5.900	35.400
2 1/2 x 2 1/2	64 x 64	Verde	5/32	3.97	6.500	39.000
		Rojo	3/16	4.76	8.400	50.400
		Blanco	1/8	3.18	5.900	35.400
3 x 2	76 x 51	Verde	5/32	3.97	6.500	39.000
		Rojo	3/16	4.76	8.400	50.400
		Blanco	1/8	3.18	7.200	43.200
3 x 3	76 x 76	Verde	5/32	3.97	8.700	52.200
		Rojo	3/16	4.76	10.200	61.200
		Blanco	1/8	3.18	8.400	50.400
3 1/2 x 3 1/2	89 x 89	Verde	5/32	3.97	10.200	61.200
		Rojo	3/16	4.76	12.100	72.600
		Blanco	1/8	3.18	7.200	43.200
4 x 2	102 x 51	Verde	5/32	3.97	8.700	52.200
		Rojo	3/16	4.76	10.200	61.200
		Blanco	1/8	3.18	8.400	50.400
4 x 3	102 x 76	Verde	5/32	3.97	10.200	61.200
		Rojo	3/16	4.76	12.100	72.600
		Blanco	1/8	3.18	9.700	58.200
4 x 4	102 x 102	Verde	5/32	3.97	11.900	71.400
		Rojo	3/16	4.76	14.100	84.600
		Comercial	1/4	5.62	16.700	112.000

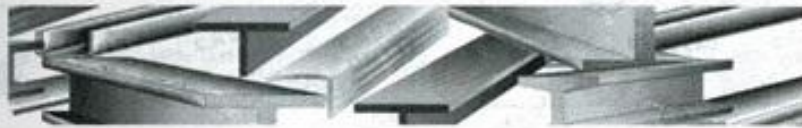
**USOS MULTIPLES:**

- Postes de carga
- Marcos de barandales
- Estructura para techos
- Travesaños y escaleras

El perfil PTR se vende en tramos de 6.00 m. Verifique las medidas del material que deje a corte. Evite desperdicios y gastos innecesarios.



10





# ANEXO F

*En este anexo se muestran la tabla con las propiedades típicas de materiales más seleccionados en ingeniería. Se muestra las propiedades del acero que se utilizó en la construcción del prototipo y puede ser utilizada como referencia en otros proyectos.*



Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Cedencia <sup>3</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, <sup>2</sup> MPa	Cor-tante, MPa	Tensión, MPa	Cor-tante, MPa				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
Inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
<b>Fundición</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
<b>Cobre</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6



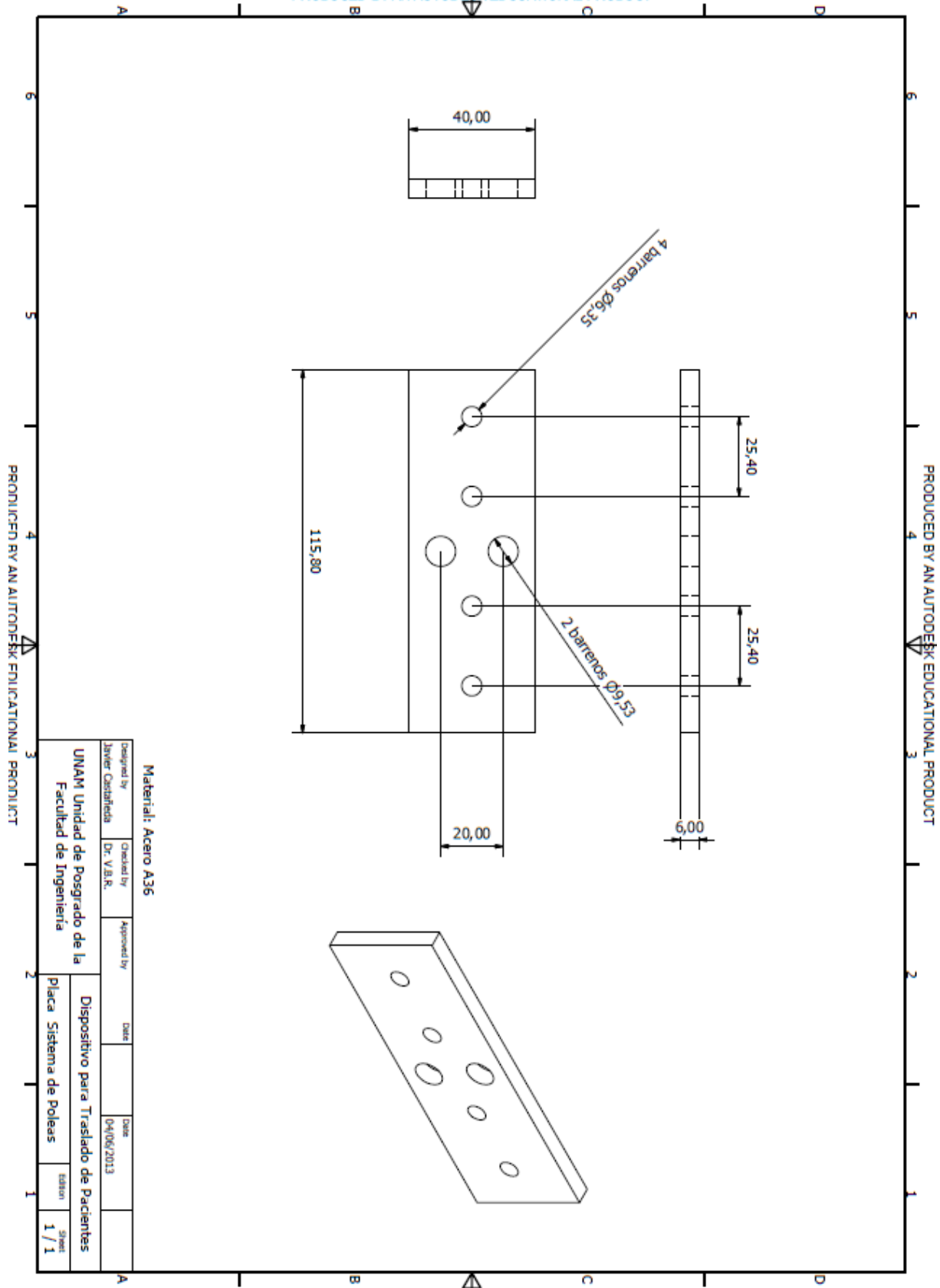


# ANEXO G

*En este anexo se muestran los planos que se realizaron en el software Inventor para diseñar y manufacturar las piezas que conforman el dispositivo de traslado de pacientes.*



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Material: Acero A36

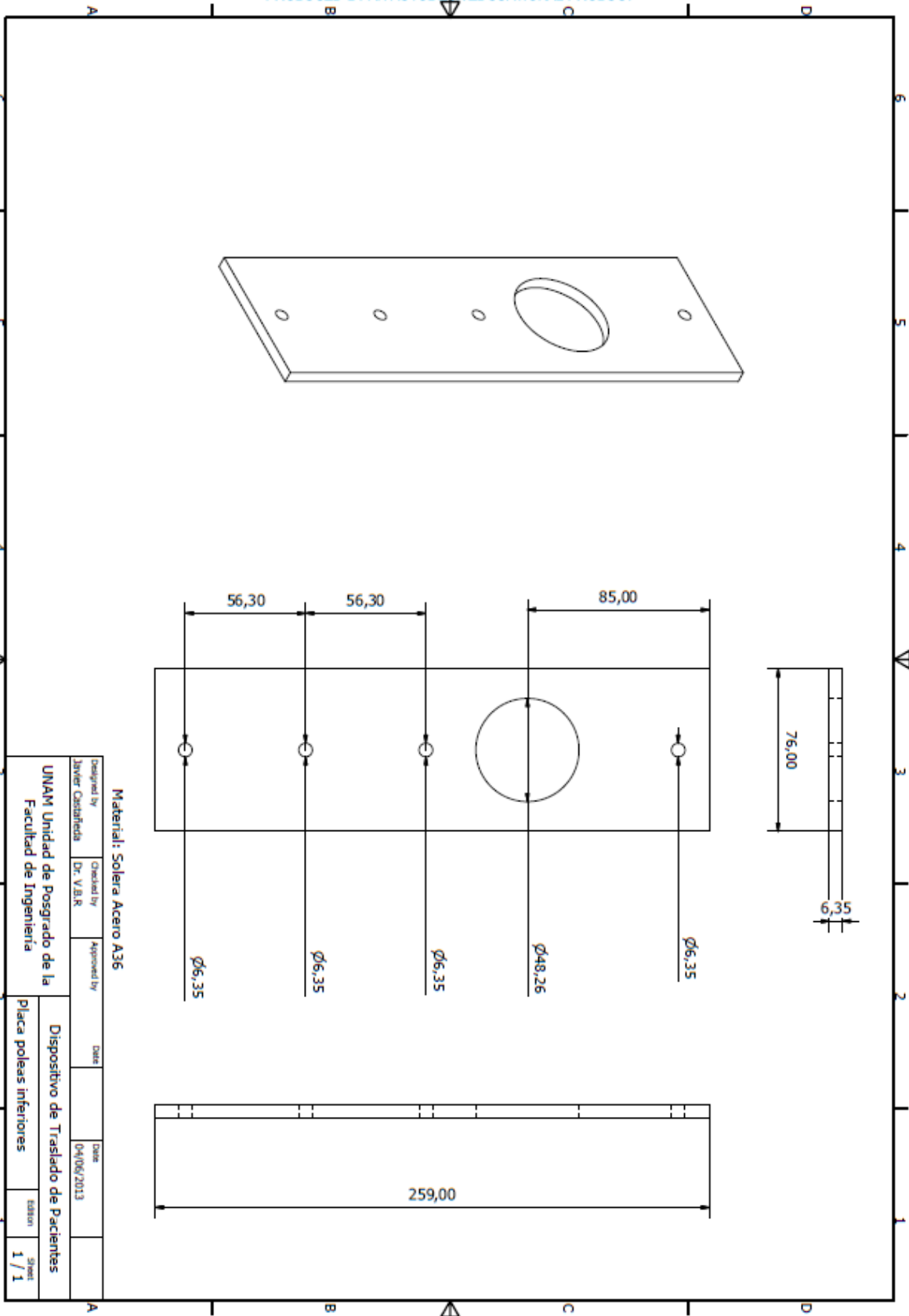
Designed by Javier Castellanos	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	04/06/2013
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes		
Placa Sistema de Poleas			Sheet	1 / 1	



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

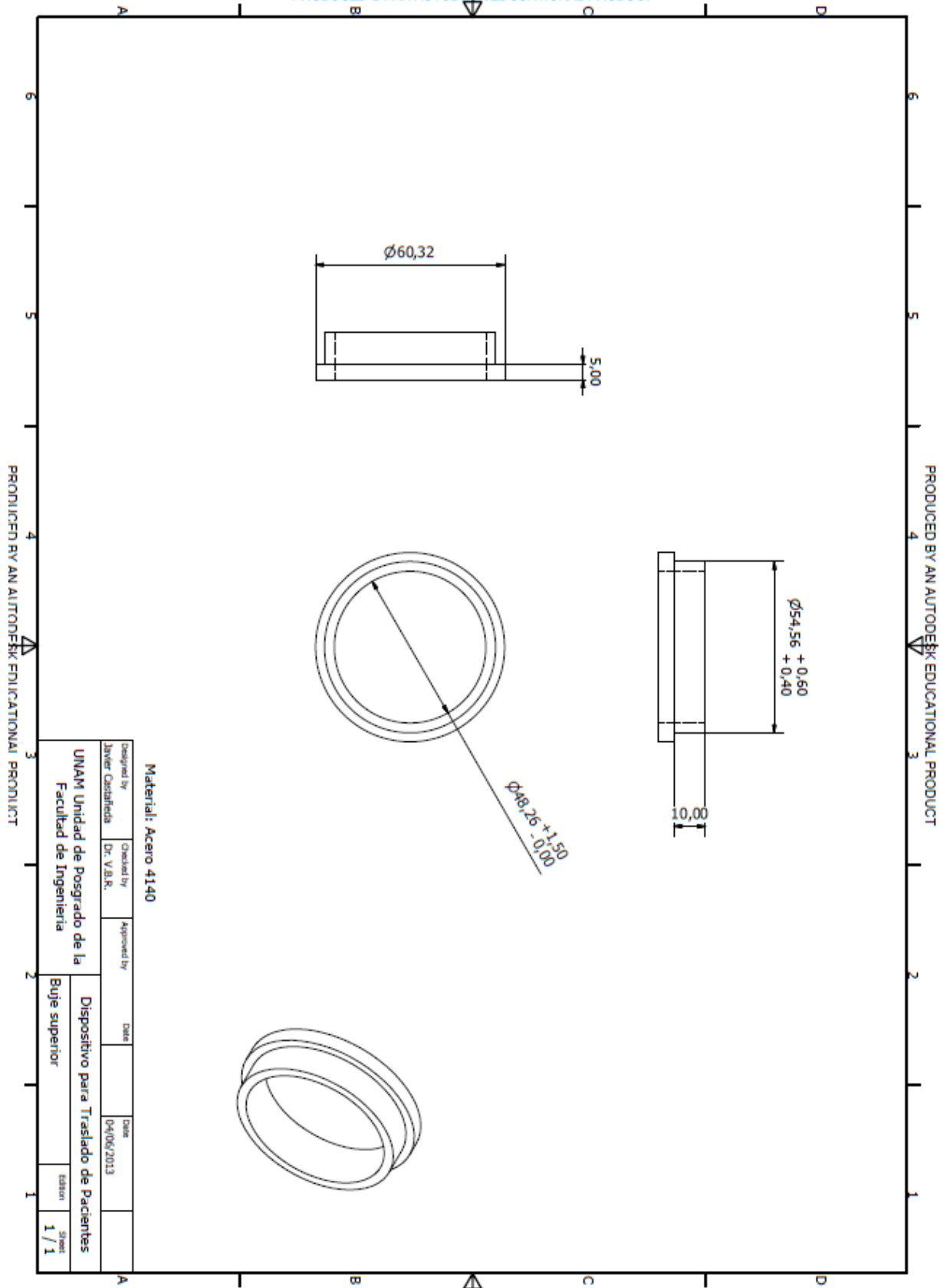


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Designed by Javier Ochoafields		Checked by Dr. V.B.R.		Approved by		Date	
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería		Material: Solera Acero A36		Dispositivo de Traslado de Pacientes Placa poleas inferiores		Date 04/06/2013	
Edition 1 / 1							



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

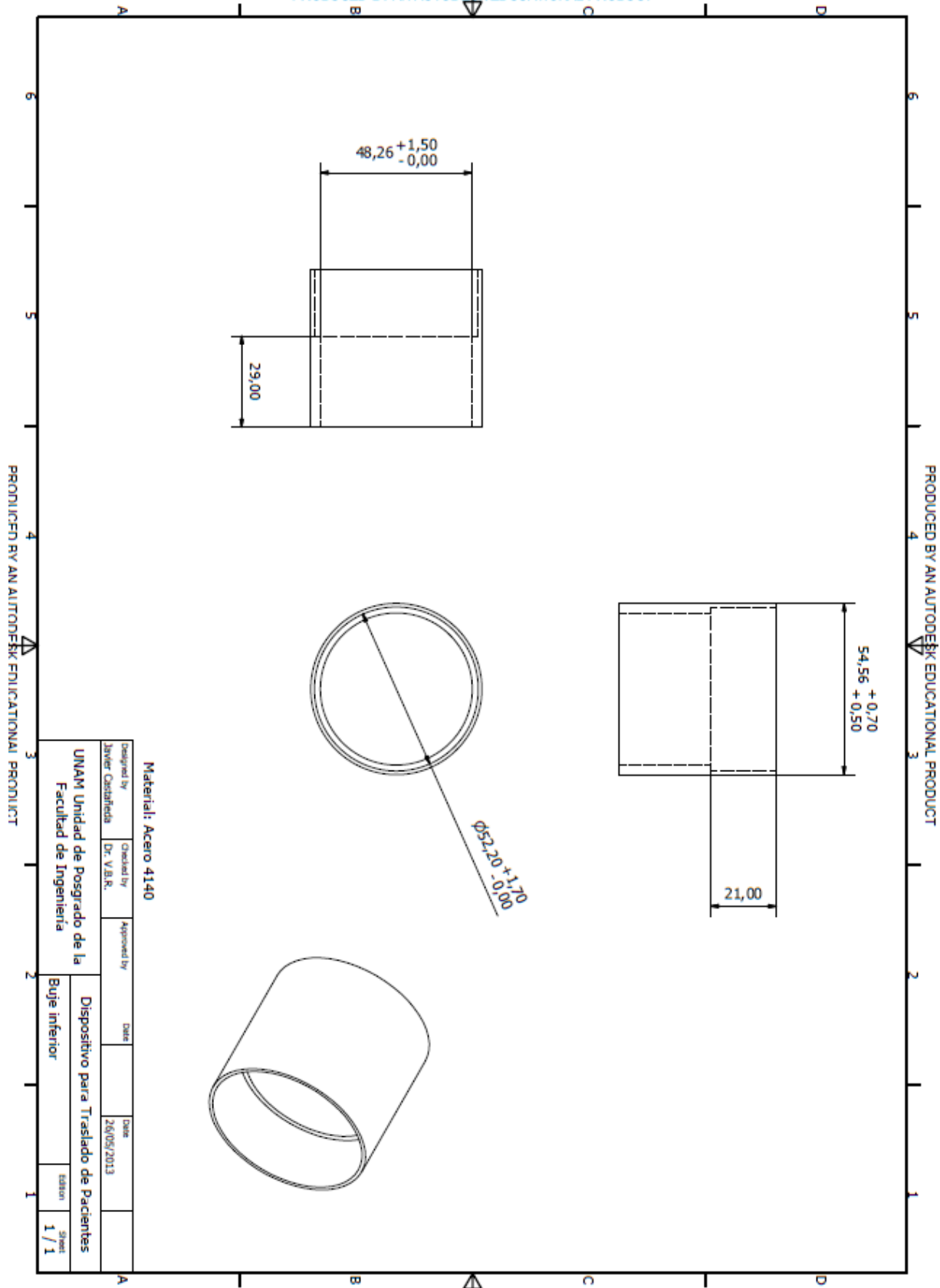
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Material: Acero 4140

Designed by Javier Castellanos	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	04/06/2013
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes		
Buje superior			Sheet	1 / 1	



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Material: Acero 4140

Designed by Javier Castellanos	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	26/05/2013
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes		
Buje inferior			Sheet	1 / 1	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

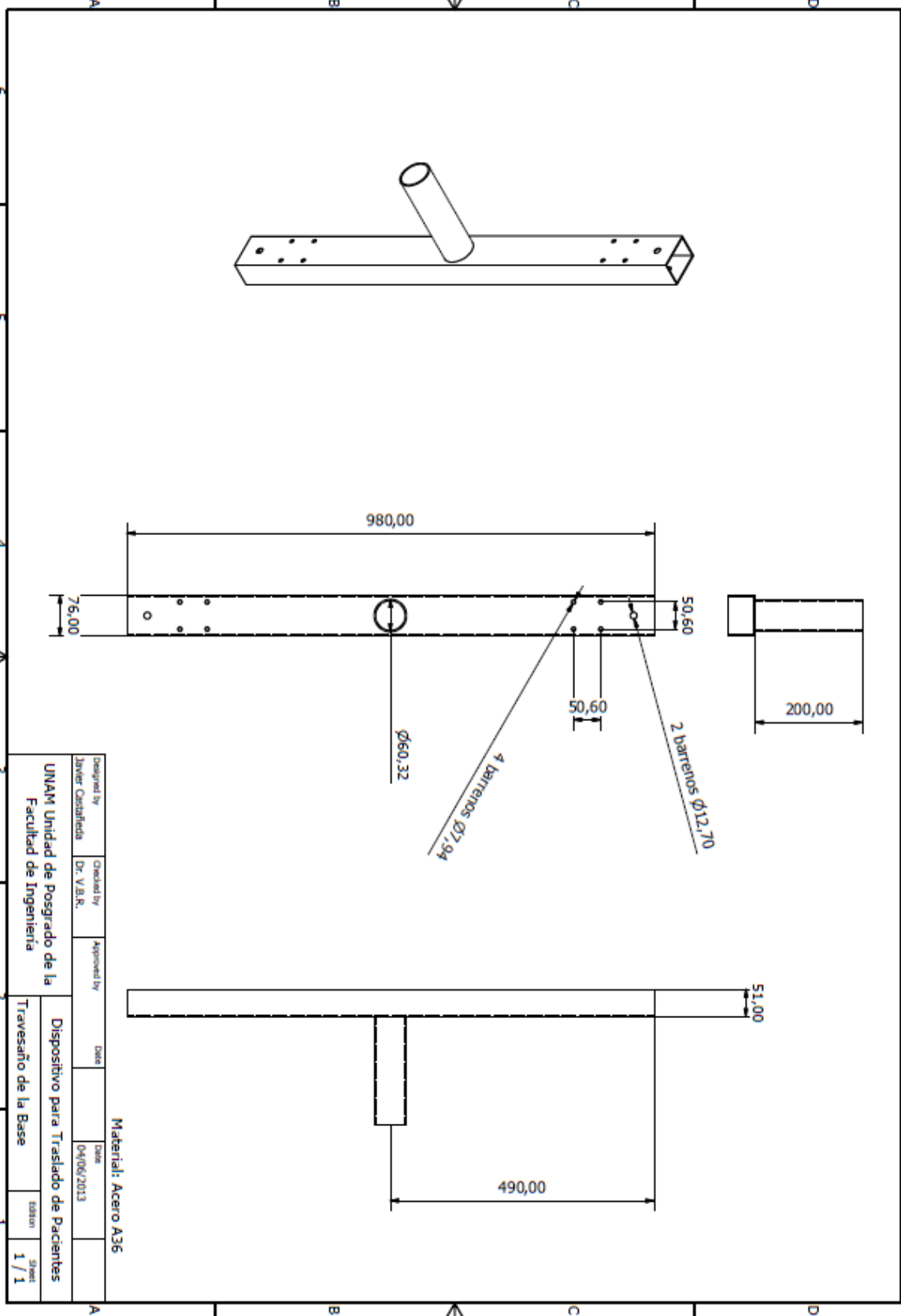
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

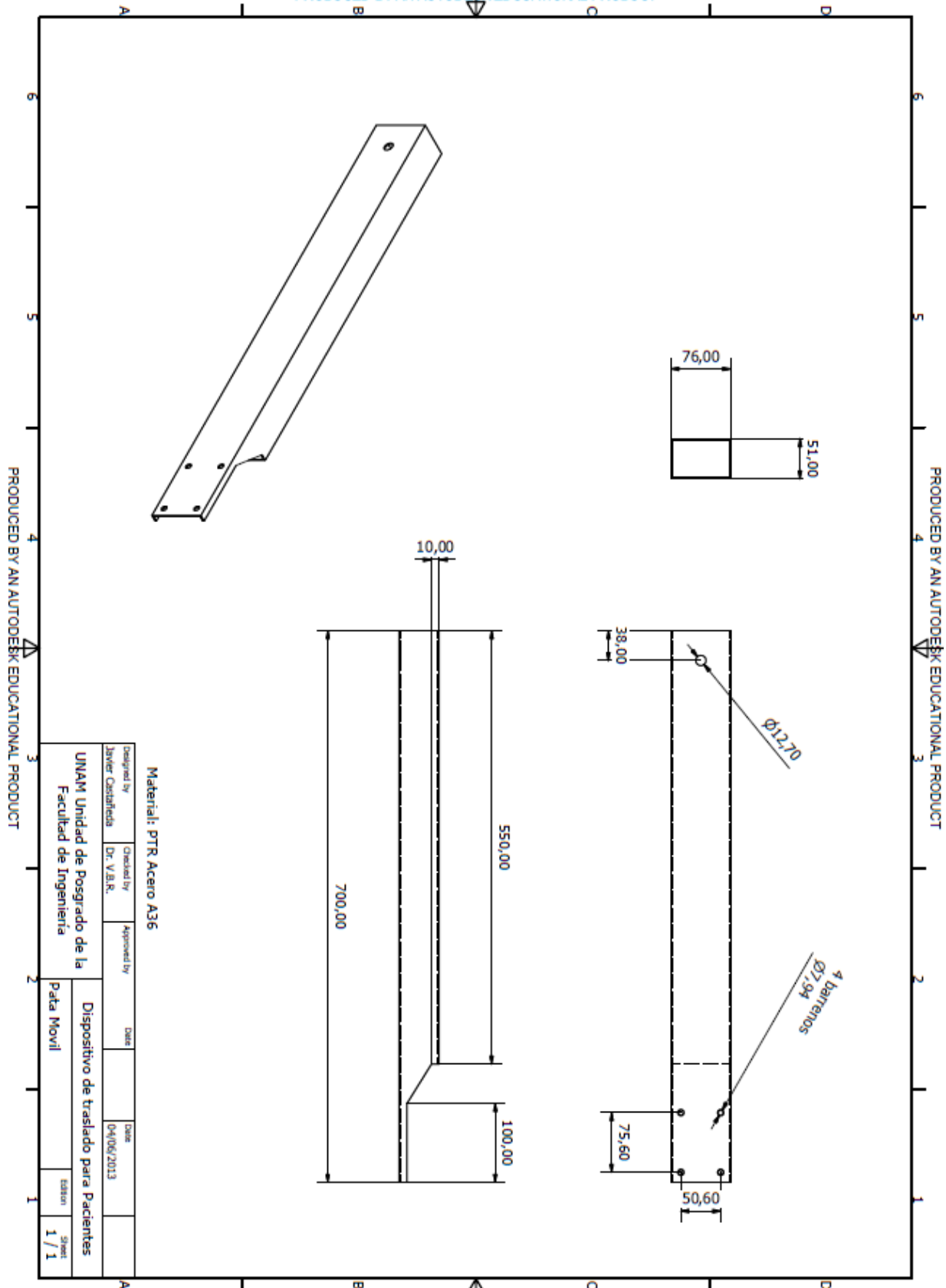


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Designed by Javier Castañeda	Checked by Dr. V.A.R.	Approved by	Date	Date	Date
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Material: Acero A36		
Dispositivo para Traslado de Pacientes			Edición		
Travesaño de la Base			Sheet		
			1 / 1		



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

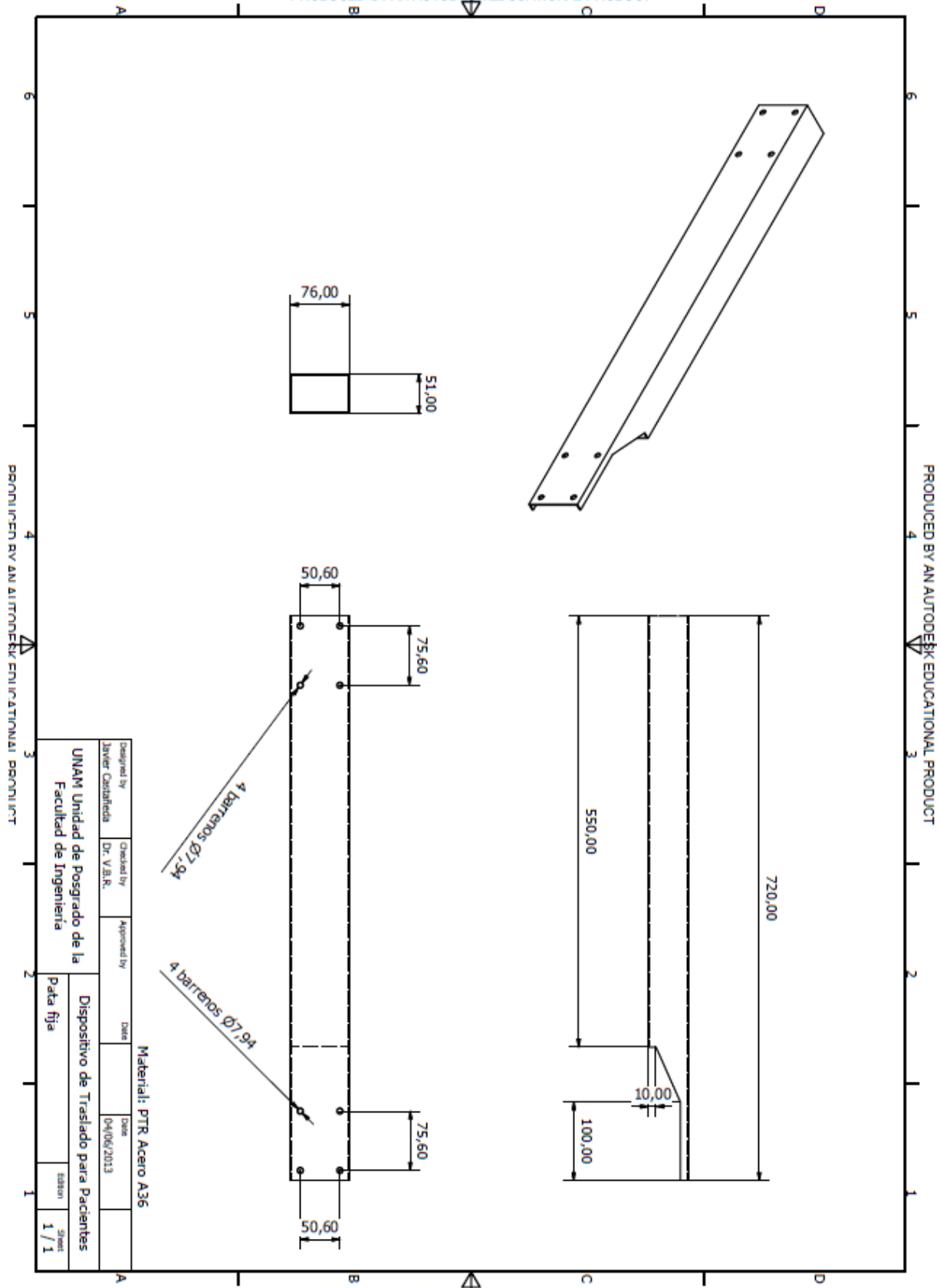


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

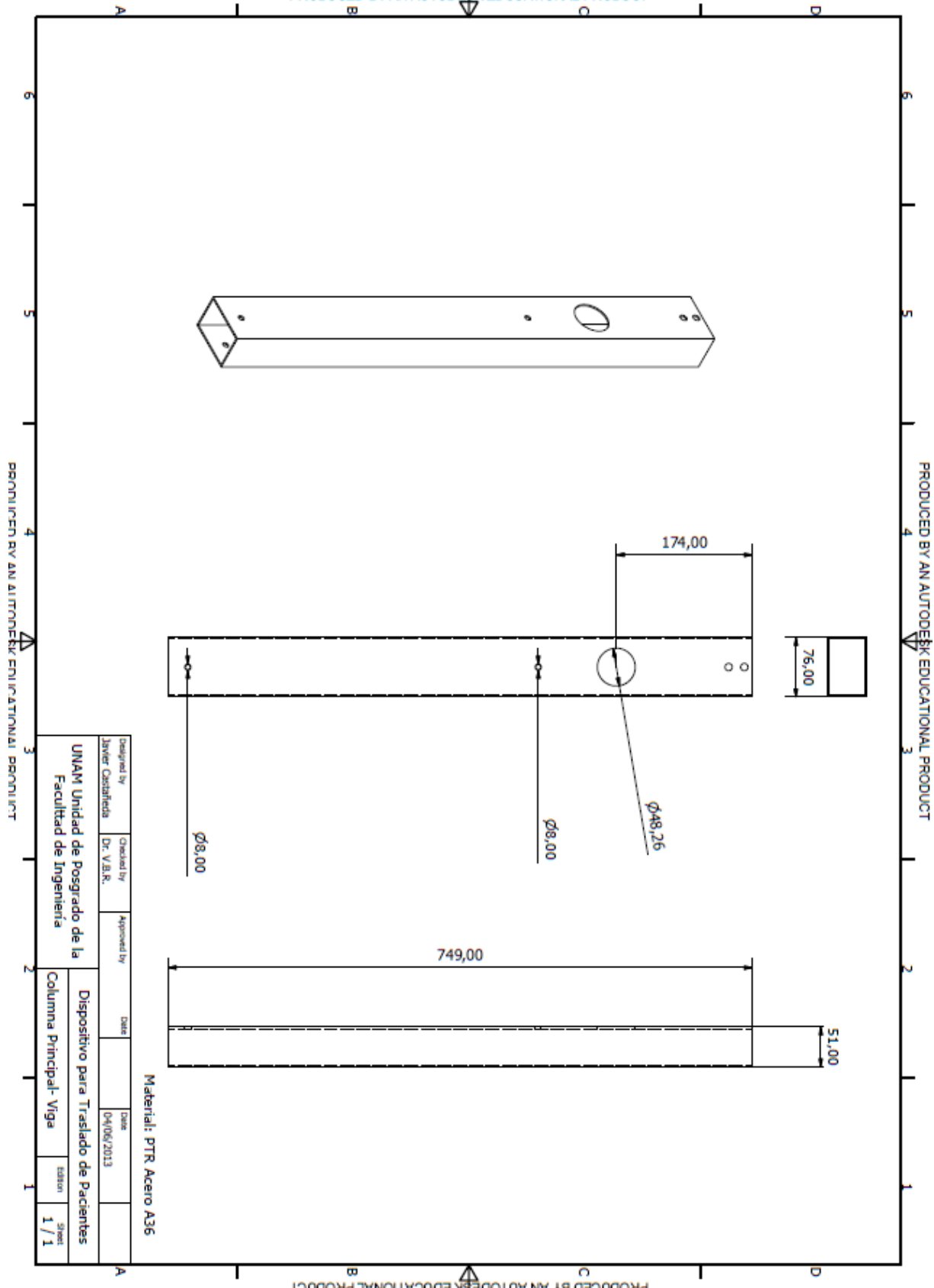


Designed by Javier Castañeda	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	Date
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo de Traslado para Pacientes Pata fija		
Material: PTR Acero A36			1/1	1/1	1/1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

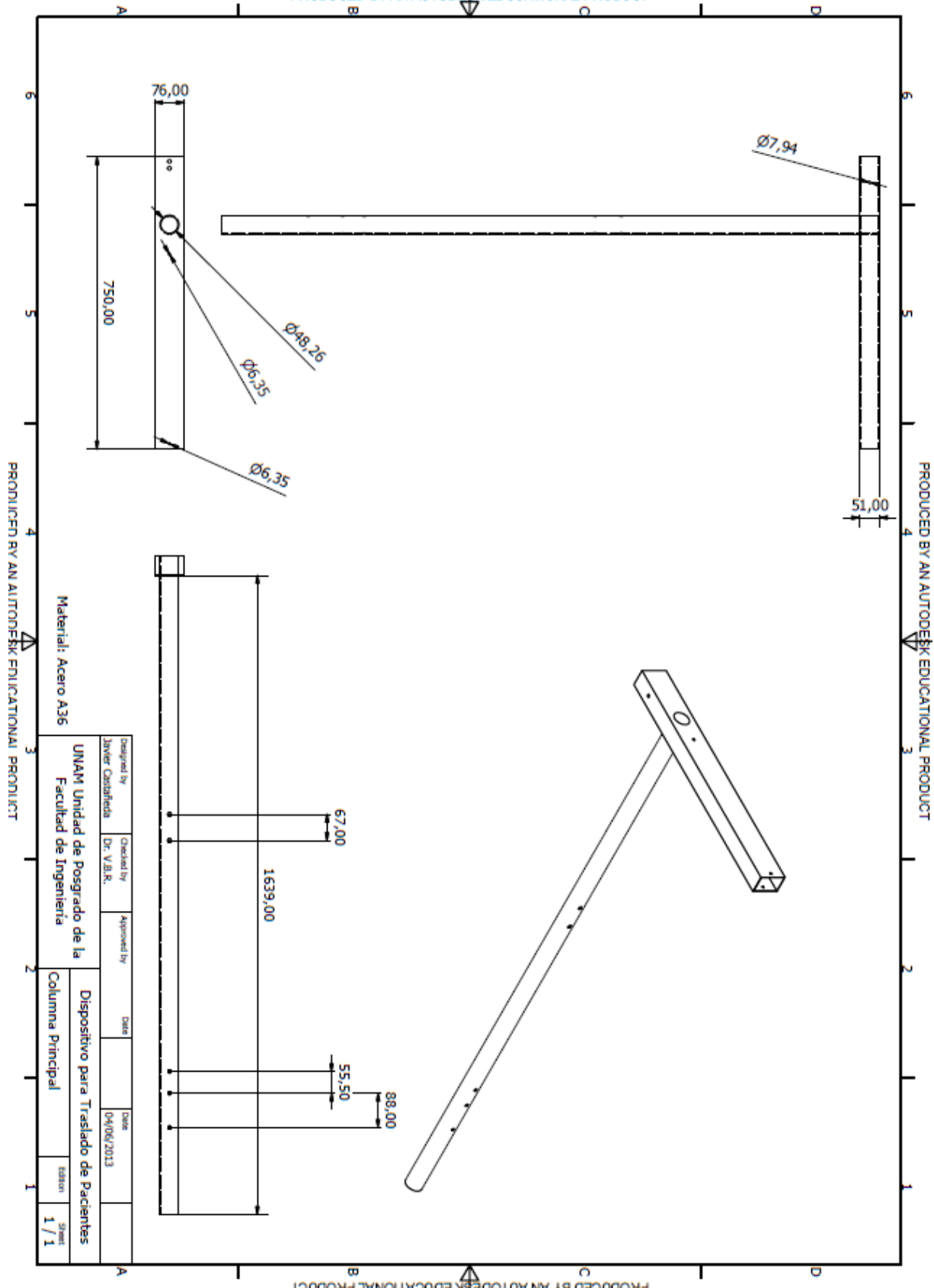


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

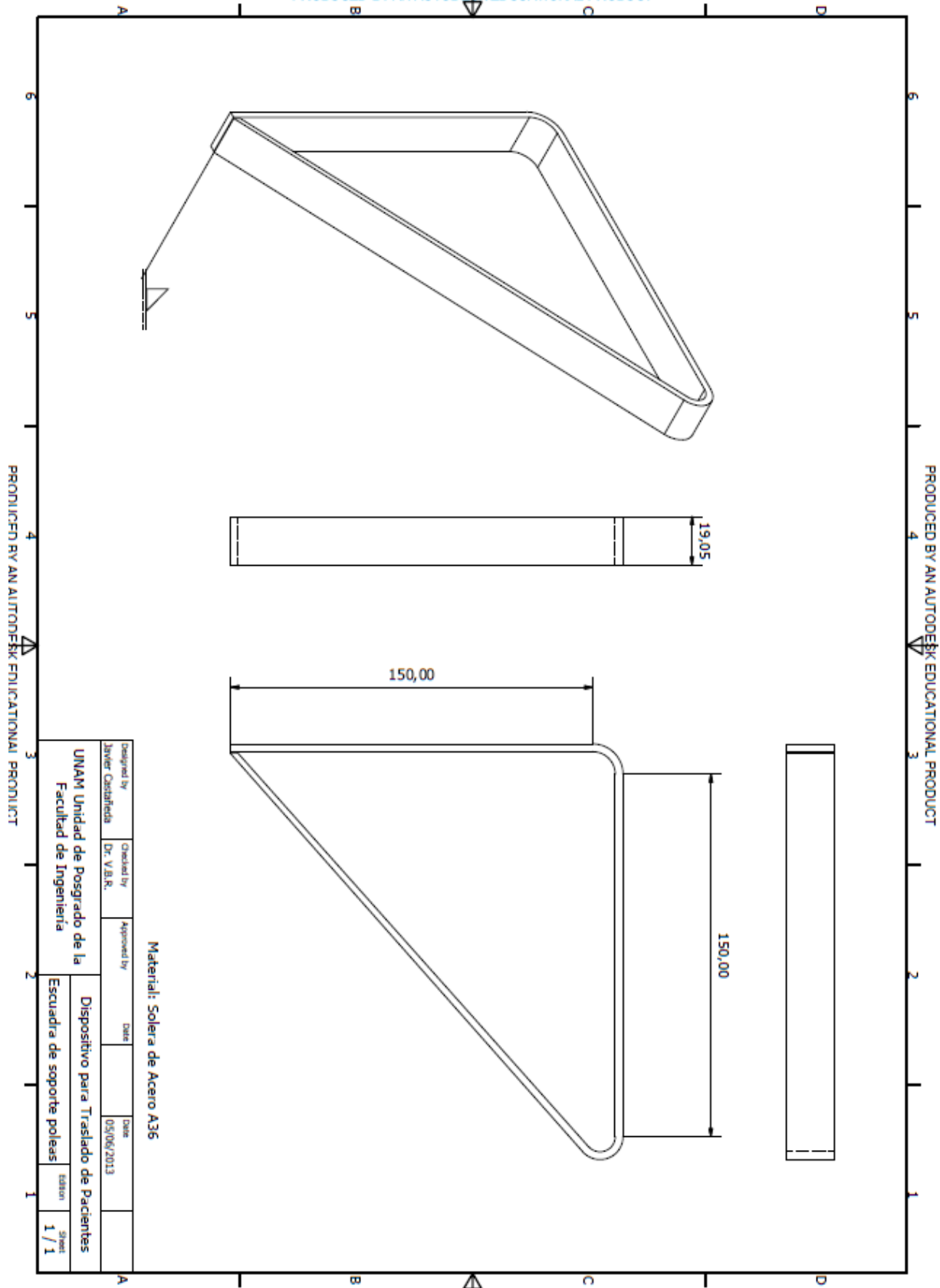
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Material: Acero A36

Designed by Javier Orestheda	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	04/06/2013
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes Columna Principal		
Material: Acero A36			Sheet	1 / 1	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

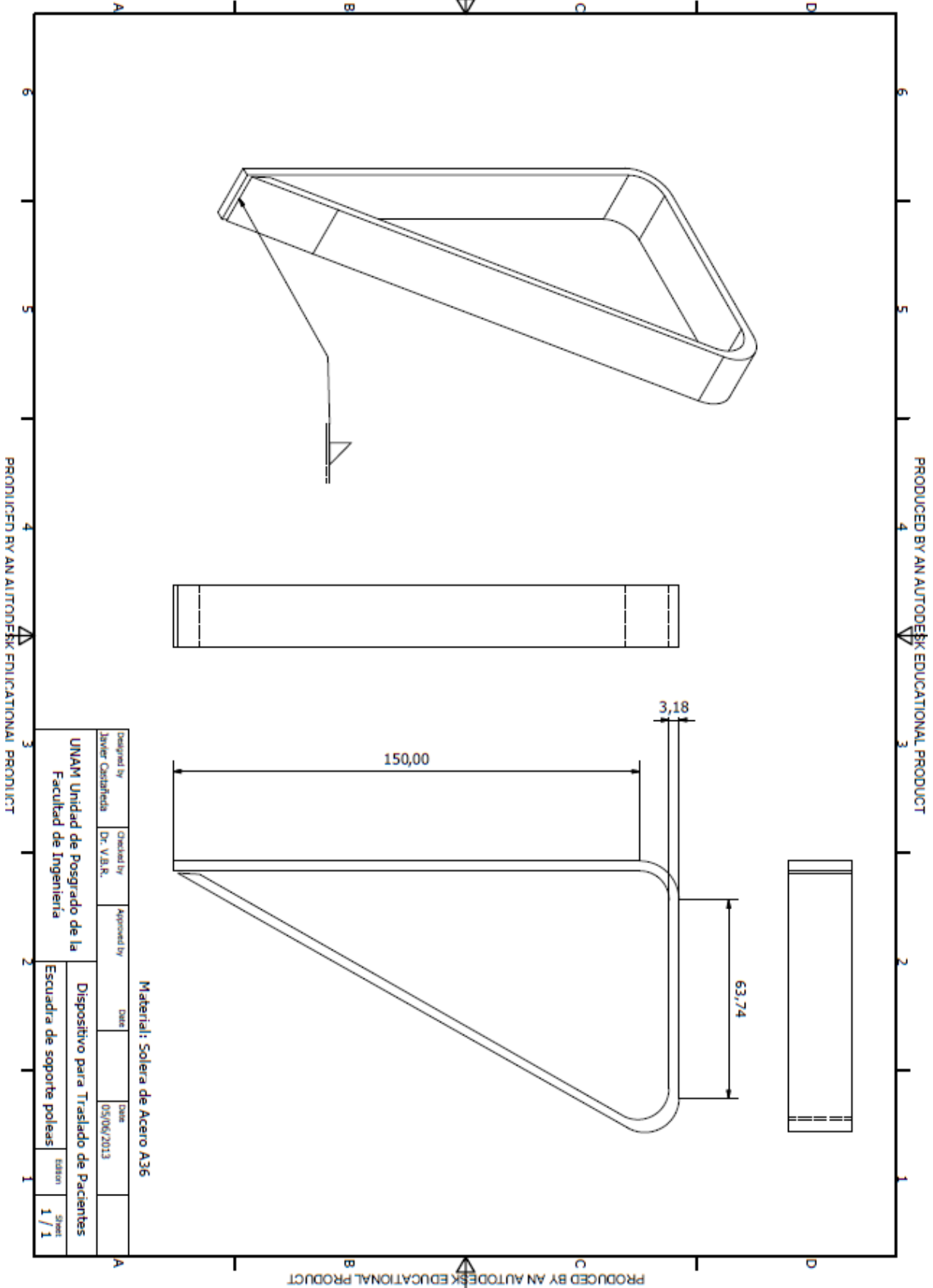
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

**Material: Solera de Acero A36**

Designed by Javier Castellanos	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	Date
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes		
			Escuadra de soporte poleas		



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Designed by Javier Castañeda	Checked by Dr. V.B.R.	Approved by	Date	Date	05/06/2013
UNAM Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería			Dispositivo para Traslado de Pacientes Escuadra de soporte poleas		
			Material: Solera de Acero A36	Edición	1 / 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT