



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA  
EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S. A.**

**Servio Vladimir Moreira Carles**

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA  
EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SERVIO VLADIMIR MOREIRA CARLES**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 22 de octubre de 2014.

**Servio Vladimir Moreira Carles**



Guatemala, 19 de febrero de 2015  
REF.EPS.DOC.136.02.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

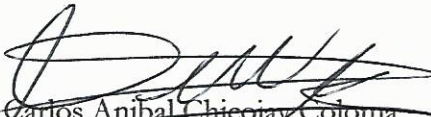
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Servio Vladimir Moreira Carles** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 9012850, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra





Guatemala, 19 de febrero de 2015  
REF.EPS.D.95.02.15

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Servio Vladimir Moreira Carles** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.170.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Supervisor, con la aprobación del Director del Departamento de EPS, del trabajo de graduación titulado **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S.A.** Del estudiante **Servio Vladimir Moreira Carles**, procede a la autorización del mismo.

*"Id y Enseñad a Todos"*

MA. Ing. Julio Cesar Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo de 2015.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GRÚA HOSPITALARIA EN LA EMPRESA GRUPO ILIMITADO S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Servio Vladimir Moreira Carles**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García  
Decano en Funciones

Guatemala, 25 de mayo de 2015



/gdech



## ACTO QUE DEDICO A:

**Mi hija**

Tiffany, quien me motiva con su sonrisa a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi alma máter.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los mejores años de mi vida como estudiante.
<b>Claustro de profesores de Ingeniería Mecánica</b>	Por compartir de su conocimiento, de sus valores y de su tiempo; en especial a Ing. Julio César Campos Paiz e Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma.
<b>Grupo Ilimitado S. A.</b>	Por abrirme sus puertas para culminar mi trabajo de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Información de la fuente .....	1
1.1.1. Antecedentes.....	2
1.1.2. Refrigeración y aire acondicionado.....	2
1.1.3. Electricidad y automatización .....	2
1.1.4. Mecánico .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.2.1. Formulación y delimitación del problema.....	3
1.2.2. Alcance.....	3
1.3. Marco teórico.....	3
1.3.1. Engranés .....	4
1.3.1.1. Clases de engranes.....	4
1.3.1.1.1. Engranés rectos .....	4
1.3.1.1.2. Engranés cónicos .....	5
1.3.1.1.3. Engranés helicoidales ....	6
1.3.1.1.4. Engranés hipocoidales.....	7
1.3.1.1.5. Engranés sin fin.....	7

	1.3.1.1.6.	Cremallera.....	8
	1.3.1.2.	Caja de engranes .....	9
1.3.2.		Soldadura .....	12
	1.3.2.1.	Procesos de soldadura.....	14
	1.3.2.1.1.	Soldadura en fase sólida.....	15
	1.3.2.1.2.	Soldadura en fase sólido-líquido .....	15
	1.3.2.1.3.	Soldadura en fase líquida .....	15
	1.3.2.1.4.	Soldadura por resistencia.....	17
1.3.3.		Taladro de pedestal.....	17
	1.3.3.1.	Proceso de taladrado .....	17
	1.3.3.2.	Producción de agujeros.....	18
1.3.4.		Grúa .....	18
	1.3.4.1.	Tipos de grúas.....	19
	1.3.4.1.1.	Grúas fijas .....	19
	1.3.4.1.2.	Grúas móviles .....	20
	1.3.4.1.3.	Grúa para pacientes hospitalaria.....	20
2.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....	23
2.1.		Proyecto .....	23
2.2.		Diagnóstico de la situación actual .....	23
2.3.		Metodología y técnicas aplicadas .....	26
	2.3.1.	Recolección de datos estadísticos .....	26
	2.3.2.	Entrevistas con personal y pacientes .....	27

2.3.3.	Diseño y planificación de actividades de fabricación de grúa .....	27
2.3.3.1.	Cortes de metal, taladrado y soldadura.....	27
2.3.3.2.	Ensamble y armado de grúa.....	28
2.3.3.3.	Pruebas de cargas y tolerancias.....	28
2.4.	Propuesta de mejora .....	28
2.5.	Presentación e interpretación de resultados.....	29
3.	FASE DE DOCENCIA .....	33
3.1.	Capacitación al personal técnico .....	34
	CONCLUSIONES .....	35
	RECOMENDACIONES .....	37
	BIBLIOGRAFÍA.....	39
	APÉNDICE.....	41



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Engrane recto.....	5
2.	Engrane cónico .....	6
3.	Engrane helicoidal.....	6
4.	Engrane sin fin .....	8
5.	Cremallera.....	8
6.	Disposición de engranes múltiples .....	10
7.	Engranes para impulsiones múltiples en paralelo .....	11
8.	Proceso de soldadura .....	14
9.	Partes de una grúa hospitalaria .....	21
10.	Nivel de alfabetización de las personas con discapacidad.....	25
11.	Alfabetismo en población con discapacidad, por género .....	25
12.	Grúa fabricada vista de distintos ángulos.....	30
13.	Grúa fabricada y sus partes .....	30
14.	Proceso de fabricación de grúa hospitalaria. ....	31
15.	Fotografía de proceso de capacitación a clientes y personal.....	33

### TABLAS

I.	Fabricación de grúa hospitalaria .....	29
II.	Especificaciones de grúa hospitalaria fabricada .....	29
III.	Programa de capacitación para el uso de grúa hospitalaria fabricada por Grupo Ilimitado S. A. ....	34





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
\$	Dólar estadounidense
%	Porcentaje
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Lb</b>	Libras
<b>nm</b>	Nanómetro



## GLOSARIO

<b>Actuador lineal</b>	Dispositivo que crea el movimiento en una línea recta, en contraste con el movimiento circular de un motor eléctrico convencional. Convierte la potencia fluida a lineal o en línea recta, en fuerza y movimiento.
<b>Electrodo</b>	Conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío, un gas, etc.
<b>Engrane</b>	Mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina.
<b>Grúa</b>	Máquina para elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.
<b>GWP</b>	<i>(Global Warning Potencial)</i> . Medida relativa de producción de efecto invernadero utilizada en la fabricación de cualquier producto industrial.
<b>Mástil</b>	Palo derecho para mantener algo.
<b>Pasador</b>	Varilla metálica que une las palas de una bisagra.

<b>Perno</b>	Pieza metálica larga, de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro.
<b>Soldadura</b>	Proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material, generalmente metales o termoplásticos, usualmente logrado a través de la fusión.
<b>Soldadura eléctrica</b>	Proceso de soldadura por fusión en el cual la unificación de los metales se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y pieza a soldar. A veces llamada soldadura electrógena.
<b>Taladro</b>	Máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos.

## RESUMEN

Se diseña y construye una grúa hospitalaria para cubrir las necesidades de traslado de pacientes con dificultades de movimiento. Esta grúa fue diseñada para adaptarse a las medidas de estatura y peso del guatemalteco promedio.

Los procesos de corte y ensamble de la grúa fueron realizados en los talleres de Grupo Ilimitado S. A.

Las pruebas de campo se realizaron para determinar los rangos de operación, durante estas pruebas la grúa resistió una carga máxima de 150 kilogramos de peso y levanta al paciente desde cualquier tipo de cama hasta una altura máxima de 90 centímetros. Después de dichas pruebas la grúa hospitalaria recibe un certificado de garantía de por vida.

Posteriormente se diseñó y fabricó un arnés de tipo universal, en el cual se utilizó un material de fácil limpieza y resistente soportando más de 150 kilogramos de peso.

Se realizaron pruebas verificando la funcionalidad de dicha grúa, y se realizó un manual de operación, el cual se encuentra en el apéndice 1 de este trabajo de graduación.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar y fabricar una grúa con estándares hospitalarios para ser utilizada en la movilización y traslado de personas convalecientes o con problemas motrices dentro de sus propios domicilios.

### **Específicos**

1. Seleccionar los materiales adecuados y disponibles en el mercado nacional que cumplan con los estándares mínimos para la fabricación de una grúa hospitalaria.
2. Diseñar una grúa para el traslado de pacientes convalecientes o con problemas motrices que cumplan con los estándares mínimos, a un costo equivalente del 50 por ciento del costo comercial de una grúa con las mismas especificaciones, comercializada en el mercado guatemalteco.
3. Construir una grúa hospitalaria de fácil manejo que cualquier persona con un mínimo de instrucción pueda manipular en una forma cómoda y segura, con la capacidad de trasladar al 98 por ciento de los pacientes que se encuentre por debajo de las 330 libras (150 kilogramos) de peso.
4. Elaborar el manual de uso y operación de la grúa hospitalaria, redactado con términos sencillos y graficado de forma clara para el manejo adecuado de la misma.





## INTRODUCCIÓN

Dentro del mercado guatemalteco existe una demanda creciente de equipos y utensilios para el cuidado de personas convalecientes o adultos de la tercera edad con problemas de movilidad.

Haciendo un análisis sobre los problemas más comunes en el cuidado del paciente en el hogar, sobresale uno en particular, el cual consiste en el traslado del paciente de la cama a la silla de ruedas y la manipulación del paciente para el proceso de higienización personal o de la misma cama. Generalmente dicho proceso es realizado por los varones del hogar, siendo un procedimiento que necesita dos o más personas.

Según las estadísticas, la persona convaleciente es cuidada por una persona, a la cual se le complica mucho la movilidad del paciente poniendo en riesgo su salud y la seguridad del paciente.

En cuanto a la población de la tercera edad, el Instituto Nacional de Estadística (INE), presenta en sus reportes un crecimiento poblacional sumado para el 2014, a 714 340 habitantes, comprendidos en el rubro de mayores a 65 años, para los cuales se hace necesario el cuidado en casa, y, en la mayoría de ocasiones, el uso de equipo hospitalario; para ellos también será de beneficio el uso de una grúa hospitalaria en casa.

Tomando en cuenta todos estos factores se ha propuesto el diseño y la fabricación de una grúa de fácil manejo y operación; que puede ser utilizada por cualquier personal con el mínimo esfuerzo, de una manera segura y eficiente,

ya que en Guatemala los implementos para uso hospitalario se importan, lo que incrementa notablemente el costo de alquiler o compra de dichos artículos que mejoran la calidad de vida de un paciente.

Se ha diseñado y fabricado una grúa para uso hospitalario que llena las expectativas de los potenciales clientes, fabricada con materiales de alta calidad y de bajo costo, capaz de movilizar a los pacientes que requieren ayuda total con menor esfuerzo para el personal sanitario; se ha incluido la fabricación de un arnés de tipo universal.

Esta grúa hospitalaria posee una rotación de 360° con un peso de 19 kilogramos y una altura de 1,90 metros; resistente a una carga máxima de izado de 150 kilogramos de peso con un mecanismo de elevación con actuador lineal manual, el que da máximo confort al operador, además de una mayor estabilidad y seguridad.

Como parte de este trabajo también se incluye una guía para el usuario como parte de los anexos.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

Esta fase se cubrió en el primer mes de estar en la empresa. Se recabó la mayor cantidad de información para realizar el diseño de la grúa hospitalaria y se realizó una planificación para la logística, la compra de materiales y los trabajos de corte, soldadura y ensamble.

Se determinaron los parámetros y medidas estándar que servirán para realizar el diseño preliminar de la grúa hospitalaria. Las medidas ergonómicas se han establecido según estándares guatemaltecos.

Se realizó un reconocimiento del taller de producción y se realizó un inventario del equipo, maquinaria y herramienta con las que se cuenta.

A continuación se redacta toda la información útil que ha sido investigada para obtener los mejores resultados en el diseño y fabricación de una grúa hospitalaria.

## **1.1. Información de la fuente**

Grupo Ilimitado S. A., es una empresa dedicada a realizar proyectos novedosos que ayudan a la comunidad guatemalteca, y en esta ocasión se realiza un proceso de diseño y fabricación de una grúa para personas que han perdido movilidad. La empresa no cuenta con información previa sobre el tema. Es un proyecto nuevo que se genera por la problemática de costos de alquiler o compra de grúas con especificaciones hospitalarias para el uso en pacientes con poca o nula autolocomoción.

### **1.1.1. Antecedentes**

Grupo Ilimitado S. A., es una empresa creada en el 2007; se dedica a la instalación y montaje de equipo industrial, teniendo tres departamentos independientes pero que trabajan bajo una sola coordinación y en apoyo mutuo, estos departamentos son los siguientes:

### **1.1.2. Refrigeración y aire acondicionado**

Es el encargado de todo lo concerniente a la transferencia de calor. Esto incluye diseños, instalaciones, montajes y mantenimientos de cuartos fríos, enfriadores de agua, aire acondicionado, ventilación, torres de enfriamiento, banco de filtros, entre otros.

### **1.1.3. Electricidad y automatización**

Este atiende todo lo concerniente a instalaciones eléctricas de potencia e iluminación, teniendo una rama importante en la automatización de procesos de producción y la instalación de sistemas de control.

### **1.1.4. Mecánico**

El departamento mecánico se encarga de proyectos de estructuras metálicas o cualquier diseño y/o máquina que requiera el cliente.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Para los pacientes que tienen problemas de movilidad una grúa se hace esencial, ya que este es 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.

La grúa se ha diseñado con insumos y materiales que se encuentran ampliamente en el mercado guatemalteco, lo que facilitará su obtención y reducirá los costos de fabricación. Los materiales para la fabricación de la grúa hospitalaria son de alta resistencia y durabilidad; garantizando de esta manera un producto de alta calidad a un costo accesible para un buen porcentaje de guatemaltecos.

### **1.2.1. Formulación y delimitación del problema**

Diseño y fabricación de una grúa para la movilización de pacientes convalecientes o con problemas motrices; utilizando materiales de alta resistencia y durabilidad; garantizando de esta manera un producto de calidad a un costo accesible para un buen porcentaje de guatemaltecos.

### **1.2.2. Alcance**

Se diseña y se fabrica una grúa con estándares hospitalarios que sea accesible a guatemaltecos de estratos económicos medio y medio-bajo.

## **1.3. Marco teórico**

En el proceso de fabricación, construcción y ensamble de la grúa se utilizaron los siguientes mecanismos y procesos: engranes, soldadura y taladrado.

### **1.3.1. Engranés**

Los engranes producen impulsión rotatoria positiva de un eje a otro.

En los laboratorios las aplicaciones comunes para engranes son impulsiones remotas a través de paredes y recipientes, toma de fuerzas de potencia múltiple para agitadores o para la prueba simultanea cíclica de diversos componentes, así como para aumentar o reducir las velocidades de las impulsiones con motor.

Siempre que sea posible se aconseja que el técnico utilice conjuntos de engranes de acuerdo con sus requisitos. Estos conjuntos o cajas de engranes no requieren la alineación precisa de los ejes y cojinetes. Los engranes disponibles en el mercado guatemalteco son: engranes rectos, cónicos, cónicos hipocoidales, cónicos helicoidales, sin fin, diferenciales, cremalleras y piñones.

#### **1.3.1.1. Clases de engranes**

La principal clasificación de los engranes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. A continuación se definen los siguientes tipos.

##### **1.3.1.1.1. Engranés rectos**

El engrane más sencillo es el recto, una rueda con dientes paralelos al eje tallados en su perímetro. Los engranes rectos transmiten movimiento giratorio entre dos ejes paralelos. En un engrane sencillo, el eje impulsado gira en sentido opuesto al eje impulsor. Si se desea que ambos ejes giren en el mismo sentido se introduce una rueda dentada denominada rueda loca entre el

engrane impulsor o motor y el impulsado. La rueda loca gira en sentido opuesto al eje impulsor, por lo que mueve al engrane impulsado en el mismo sentido que este. En la figura 1 se aprecia el engrane de tipo recto.

Figura 1. **Engrane recto**



Fuente: <http://www.directindustry.es>. Consulta: 22 de noviembre de 2014.

#### **1.3.1.1.2. Engranos cónicos**

Es un mecanismo formado por dos ruedas dentadas troncocónicas. El paso de estas ruedas depende de la sección considerada, por lo que deben engranar con ruedas de características semejantes. El mecanismo permite transmitir movimiento entre árboles con ejes que se cortan. En los taladros se usa este mecanismo para cambiar de broca.

Aunque normalmente los ejes de los árboles son perpendiculares, el sistema funciona también para ángulos arbitrarios entre  $0^{\circ}$  y  $180^{\circ}$ . En la figura 2 se aprecia un engrane cónico.

Figura 2. **Engrane cónico**



Fuente: <http://www.directindustry.es>. Consulta: 22 de noviembre de 2014.

#### 1.3.1.1.3. **Engranés helicoidales**

Los dientes de estos engranes no son paralelos al eje de la rueda dentada, sino que se enroscan en torno al eje en forma de hélice, como se puede apreciar en la figura 3. Estos engranes son apropiados para grandes cargas porque los dientes engranan formando un ángulo agudo, en lugar de  $90^\circ$  como en un engrane recto.

Figura 3. **Engrane helicoidal**



Fuente: <http://www.directindustry.es>. Consulta: 22 de noviembre de 2014.



#### **1.3.1.1.4. Engranés hipocoidales**

Los engranes hipocoidales son engranes cónicos helicoidales utilizados cuando los ejes son perpendiculares, pero no están en un mismo plano. Una de las aplicaciones más corrientes del engrane hipocoidales es para conectar el árbol de la transmisión con las ruedas en los automóviles de tracción trasera. Estos son mucho más costosos y se utilizan en aplicaciones específicas en donde se necesite funcionamiento silencioso, suave y cuando es indeseable que haya intersecciones de los ejes.

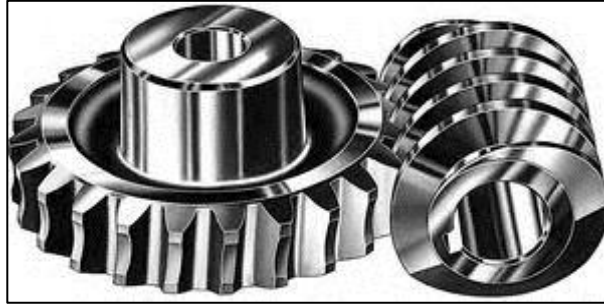
#### **1.3.1.1.5. Engranés sin fin**

Otra variación del engrane helicoidal es el engrane de husillo, también llamado tornillo sin fin. En este sistema, un tornillo sin fin largo y estrecho dotado de uno o más dientes helicoidales continuos engrana con una rueda dentada helicoidal (figura 4).

La diferencia entre un engrane de husillo y un engrane helicoidal es que los dientes del primero se deslizan a lo largo de los dientes del engrane impulsado en lugar de ejercer una presión de rodadura directa. Los engranes de husillo se utilizan para transmitir rotación (con una gran reducción de velocidad) entre dos ejes perpendiculares.

Los engranes sin fin se utilizan para cuando se necesitan reducciones elevadas, por ejemplo de 20:1 y ofrecen una torsión (par) más elevada. Por lo general los engranes de tornillo sin fin no pueden ser utilizados en reversa. La no impulsión inversa de los sinfines suele ser ventajosa cuando la rueda más grande mantiene su posición, salvo que se haga girar el sin fin con lo cual se tiene un cierre positivo aunque se aplique torsión a la rueda grande.

Figura 4. **Engrane sin fin**

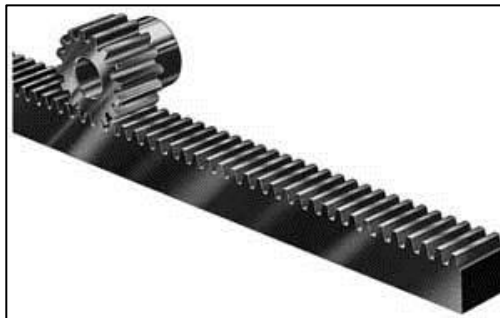


Fuente: <http://www.directindustry.es>. Consulta: 22 de noviembre de 2014.

#### 1.3.1.1.6. **Cremallera**

La cremallera funciona como una rueda dentada de radio infinito y puede emplearse para transformar el giro de un piñón en movimiento alternativo o viceversa. Se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5. **Cremallera**



Fuente: <http://www.directindustry.es>. Consulta: 22 de noviembre de 2014.

### **1.3.1.2. Caja de engranes**

Una caja de engranes utiliza un beneficio mecánico para aumentar la fuerza de torsión de salida y reducir la RPM. El eje del motor se sustenta dentro de la caja de engranes y a través de una serie de engranes internos que proporcionan la fuerza de torsión y la conversión de la velocidad. Los engranes deben disponerse, para el uso que se les quiera dar. En la figura 6 se disponen los engranes en formas múltiples.

El primer paso para decidir el tipo de caja de engranes es determinar la potencia que se desea transmitir. Lo más probable es que se utilice un motor eléctrico para la impulsión y la placa de identificación indica su caballaje y su velocidad; este caballaje es el que puede producir el motor, pero si no lo requiere la carga, no producirá toda su potencia. Si se selecciona un motor por su conveniencia, puede tener demasiada potencia de la que necesita en realidad para la carga. Con esto se reducirá mucho el tamaño y costo de las cajas de engrane.

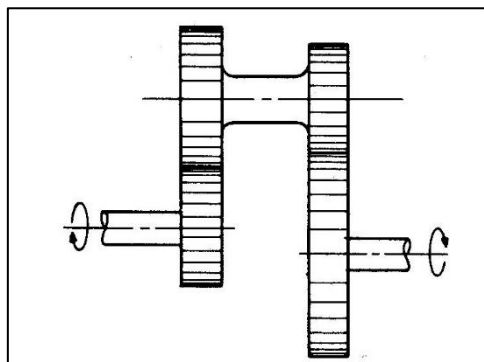
No se debe suponer que un reductor de velocidad se puede utilizar como un aumentador de velocidad sin antes consultar con el fabricante, porque la caja de engranes está diseñada para un modo particular de funcionamiento y no podrá funcionar a la inversa, excepto con potencias y velocidades totalmente distintas.

Se debe tener en cuenta que la torsión (par) aumenta conforme se reduce la velocidad, por lo que una caja de engranes de 3:1, aumentará la torsión por un factor aproximado de 3, que podría ser exactamente de 3 pero hay que tener en cuenta la pérdida de eficiencia de los engranes.

La potencia y la relación de impulsión son los primeros requisitos para seleccionar las cajas de engranes, después de ello, hay que comprobar la velocidad a que pueden funcionar los engranes.

También hay que determinar la eficiencia de la caja de engranes para verificar que las pérdidas por su transmisión no sean tan elevadas como para necesitar un motor más grande. Si la potencia requerida es de 2 hp y la eficiencia de la caja es del 80 %, entonces se necesitara un motor de 2,5 hp (es decir  $2,0/0,8$ ). La eficiencia de las cajas de engranes es de 75 a 95 % por cada par de engranes acoplados.

Figura 6. **Disposición de engranes múltiples**



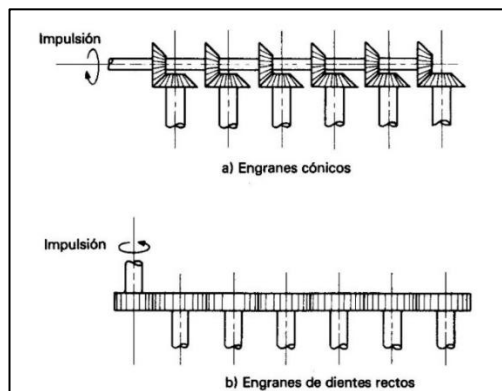
Fuente: WEBB, M. *Manual para técnicos en mecánica industrial*. p. 4-104.

Al comprar una caja de engranes se encontrará variación en el precio aunque sea para los mismos requerimientos básicos de relaciones de velocidad y capacidad. Esta variación se debe a la precisión y al tipo de engranes. Los engranes de dientes rectos sencillos son los menos costosos. Pero, los utilizados para altas velocidades y gran capacidad de carga, larga duración y funcionamiento silencioso cuestan más que los de baja velocidad, carga

reducida y ruidosa, pues los primeros son más precisos y el acabado en sus caras de contacto o flancos es más fino (figura 6).

Si se decide no usar caja de engranes, hay ciertos lineamientos para ayudar a evitar problemas de servicio. Con un solo par de engranes rectos no se puede lograr reducciones de velocidad de más de 10:1 ni aumentos de velocidad de 1:5. Si se necesitan mayores reducciones, hay que utilizar un sistema de engranes múltiples (*compound*). En la figura 7 se ilustra un engrane múltiple con solo dos pares de engranes acoplados y también se ilustra tres pares. La reducción total de engranes múltiples es el producto de multiplicar las reducciones individuales; por ejemplo, un engrane de 3:1 y uno de 4:1 producen una reducción de 12:1.

Figura 7. **Engranes para impulsiones múltiples en paralelo**



Fuente: WEBB, M. *Manual para técnicos en mecánica industrial*. p. 4-105.

Los impulsores múltiples en paralelo deben tener un eje común y engranes cónicos en lugares adecuados en el eje. Se deben evitar los tramos largos de engranes de dientes rectos para impulsiones múltiples, porque necesitan mucha potencia debido a la baja eficiencia de los engranes. Por

ejemplo, la impulsión con seis husillos tienen seis pares de engranes acoplados. Si la eficiencia de cada par es de 85 % entonces la torsión y potencia del motor para el ultimo husillo se debe aumentar por un factor de 2,65 ( $1/0,85$  elevado a la 6) debido a la fricción entre engranes.

Casi todos los engranes se hacen de acero y la superficie de contacto de los dientes suele estar cementada para darle mayor capacidad de carga y más duración.

Los engranes pequeños para cargas reducidas se pueden hacer de plástico moldeado como nailon y acetal y suelen ser ideales para trabajos de laboratorio en donde la razón principal para el uso de engranes es tener una impulsión positiva. Los engranes de plástico son muy silenciosos, casi nunca necesitan lubricación y son poco costosos.

### **1.3.2. Soldadura**

La soldadura es la unión entre dos piezas de metal haciendo usos de fuerzas de cohesión que derivan de un enlace metálico. Un análisis del concepto anterior señala que a diferencia de los procesos mecánicos utilizados para unir metales. En soldadura se utilizan las fuerzas interatómicas para lograr la concreción de un empalme resistente.

Todo proceso de soldadura debe esencialmente lograr el acercamiento de las superficies a unir a distancias de orden interatómico con el propósito de crear las condiciones propicias para que se desarrollen las fuerzas de cohesión inherentes a los enlaces metálicos. Para que dicha unión interatómica se realice, los átomos en cuestión deben encontrarse lo suficientemente próximos

para que se manifiesten las fuerzas de atracción y repulsión que permiten la creación de un cristal metálico.

Si fuera posible que las superficies de contacto de las dos piezas que se desean unir estuvieran perfectamente lisas y libres de óxido y humedad, por el simple acto de superponerlas se obtendría la unión deseada. Pero, aun pulida por los métodos de mayor precisión, las superficies presentan crestas y valles a nivel microscópicos; además suele haber una importante capa de óxido y humedad sobre la misma que impide el contacto a nivel interatómico. Normalmente el acercamiento de los átomos periféricos se logra mediante el aporte de energía.

Dicha energía es calor, se puede llegar a fundir los bordes de los metales, los cuales se mezclarán en estado líquido para que durante la solidificación se forme una nueva red cristalina. Si en vez de calor se aplica presión se produce, en primer término, la ruptura de la capa de óxido y luego se nivelan las crestas y valles por deformación plástica, permitiendo el contacto íntimo entre los dos metales y por lo tanto la unión metalúrgica.

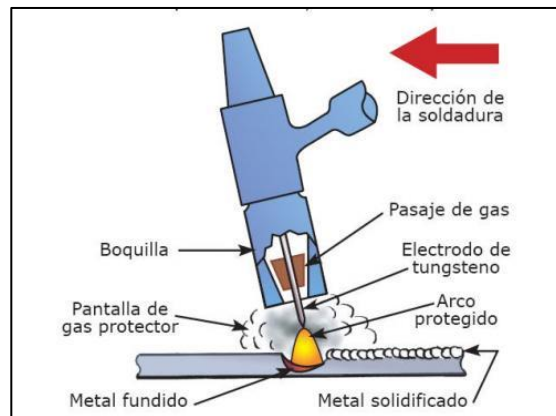
Antiguamente la unión soldada se ejecutaba por forja, aplicando conjuntamente calor y presión, esto representó el único procedimiento de soldadura en esos tiempos. En la actualidad, la energía utilizada en la mayoría de los procesos de soldadura se manifiesta en forma de calor y los procesos más comúnmente utilizados en la industria implican aporte suficiente de calor con un material de aporte que es fundido en conjunto con las piezas a unir.

Siempre que hay fusión, se crea un cordón de soldadura constituido por el metal base aportado más el metal de las piezas a unir.

### 1.3.2.1. Procesos de soldadura.

Cada proceso de soldadura ha sido creado para resolver un problema en particular o para satisfacer una necesidad específica. En la figura 8 se muestra una soldadura y su proceso.

Figura 8. **Proceso de soldadura**



Fuente: <http://www.tagmagroup.com.ar>. Consulta: 10 de enero de 2015.

Tales procesos se pueden clasificar en función al estado (líquido o sólido) en que se encuentra el material cercano a los bordes en el momento en que se efectúa la unión metalúrgica o interface de la unión.

Todos estos procesos de soldadura proveen de una u otra manera tres funciones básicas que son:

- Una fuente de calor que lleva el material a la temperatura a la cual puede ser soldado.



- Una fuente de protección de cordón o punto de soldadura para prevenir su contaminación que puede provenir de diferentes puntos.
- Una fuente de producción de elementos químicos que pueden alterar beneficiosamente o perjudicialmente la naturaleza del metal a soldar.

Esto da origen a cuatro grandes grupos:

#### **1.3.2.1.1. Soldadura en fase sólida**

Cuando no se recurre a la fusión de los bordes de las piezas a unir.

#### **1.3.2.1.2. Soldadura en fase sólido-líquido**

Otra forma de lograr el desarrollo de las fuerzas de cohesión consiste en calentar las piezas a unir a temperaturas inferiores a la fusión e introducir un metal de aporte de menor punto de fusión que ellas en estado líquido. No se utiliza presión y el metal de aporte se distribuye espontáneamente entre las superficies a unir por efecto de capilaridad.

A este tipo de unión pertenecen las soldaduras por capilaridad a temperaturas elevadas, mayores de 450 °C, denominadas *brazing* y las soldaduras por capilaridad a bajas temperaturas, menores de 450 °C, denominadas *soldering*.

#### **1.3.2.1.3. Soldadura en fase líquida**

El suministro de calor puede ser de características tales que se produzca la fusión de los bordes de las piezas a unir y del metal de aporte, si lo hubiera.

En este caso se produce una mezcla de los líquidos proveniente de los elementos que lo componen.

Los procesos basados en este principio cubren un alto porcentaje de las toneladas de metal que se sueldan a nivel mundial.

A este grupo pertenecen los procesos de mayor utilización, principalmente aquellos que emplean como fuente de calor un arco voltaico, tales como:

- Soldadura por arco con electrodo revestido, también denominada corrientemente como soldadura eléctrica con electrodo revestido.
- Soldadura por arco sumergido.
- Soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa, también denominada semiautomática con alambre macizo., bajo las siglas MAG-MIG.
- Soldadura por arco con alambre tubular con o sin protección gaseosa.
- Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno bajo protección gaseosa, también denominada con las siglas TIG.

También pertenecen a este grupo los procesos de soldadura por impacto de haz de electrones y soldadura laser.

Existen también procesos de soldaduras por fusión que obtienen el calor necesario a partir de reacciones químicas tales como combustión de gases (soldadura oxiacetilénica, soldadura oxhídrica y oxigas) y aluminotermia.

#### **1.3.2.1.4. Soldadura por resistencia**

En estos procesos el calor suministrado proviene del paso de una corriente a través de la interface creada por las superficies a unir, que con motivo de las imperfecciones y recubrimientos de óxido poseen alta resistividad.

Como consecuencia del calor generado los bordes alcanzan temperaturas muy cercanas a la de fusión o inclusive se produce la fusión de un pequeño volumen de metal. Al alcanzarse el estado mencionado se aplica presión para obtener el acercamiento a la distancia atómica requerida para la soldadura. Esta presión expulsa los óxidos y el exceso de metal fundido.

#### **1.3.3. Taladro de pedestal**

El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: el de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranes; y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

##### **1.3.3.1. Proceso de taladrado**

El taladrado es un término que cubre todos los métodos para producir agujeros cilíndricos con herramientas de arranque de viruta. Además del taladrado de agujeros cortos y largos, también cubre el trepanado y los mecanizados posteriores tales como escariado, mandrilado, roscado y brochado.

### **1.3.3.2. Producción de agujeros**

Casi la totalidad de agujeros que se realizan en las diferentes taladradoras que existen guardan relación con la tornillería en general, es decir la mayoría de agujeros taladrados sirven para incrustar los diferentes tornillos que se utilizan para ensamblar unas piezas con otras de los mecanismos o máquinas de las que forman parte.

Según este criterio hay dos tipos de agujeros diferentes los que son pasantes y atraviesan en su totalidad la pieza; y los que son ciegos y solo se introducen una longitud determinada en la pieza sin llegarla a traspasar, tanto unos como otros pueden ser lisos o pueden ser roscados.

Los factores principales que caracterizan un agujero desde el punto de vista de su mecanizado son:

- Diámetro
- Material de la pieza
- Material de la broca
- Longitud del agujero

### **1.3.4. Grúa**

Es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho. Por regla general son ingenios que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc. para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

Las primeras grúas fueron inventadas en la antigua Grecia, accionadas por hombres o animales y eran utilizadas principalmente para la construcción de edificios altos, las primeras grúas se construyeron de madera, pero desde la llegada de la revolución industrial los materiales más utilizados son el hierro fundido y el acero.

Las grúas modernas utilizan generalmente motores de combustión interna o sistemas de motor eléctrico e hidráulicos para proporcionar fuerzas mucho mayores, aunque las grúas manuales todavía se utilizan en los pequeños trabajos o donde es poco rentable disponer de energía.

Las grúas son muy comunes en obras de construcción, puertos, instalaciones industriales y otros lugares donde es necesario trasladar cargas.

#### **1.3.4.1. Tipos de grúas**

Existen muchos tipos de grúas, cada una adaptada a un propósito específico. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres, grúas torres, usadas para construir edificios altos, hasta las grúas flotantes, usadas para construir aparejos de aceite y para rescatar barcos encallados y grúas hospitalarias para el traslado de pacientes inmovilizados. Generalmente la primera clasificación que se hace se refiere a grúas fijas y móviles.

##### **1.3.4.1.1. Grúas fijas**

Cambian la movilidad que da la grúa móvil con la capacidad para soportar mayores cargas y conseguir mayores alturas incrementando la estabilidad. Este tipo se caracteriza por quedar ancladas en el suelo (o al menos su estructura

principal) durante el periodo de uso. A pesar de esto algunas pueden ser ensambladas y desensambladas en el lugar de trabajo.

Entre las que podemos mencionar:

- Grúas puente o grúas pórtico, empleadas en la construcción naval y en los pabellones industriales.
- Plumines.
- Grúa horquilla, carretilla elevadora o montacargas.

#### **1.3.4.1.2. Grúas móviles**

Pueden ser de los siguientes tipos:

- Sobre cadenas u orugas.
- Autogrúas, de gran tamaño y situadas convenientemente sobre vehículos especiales.
- Camión grúa

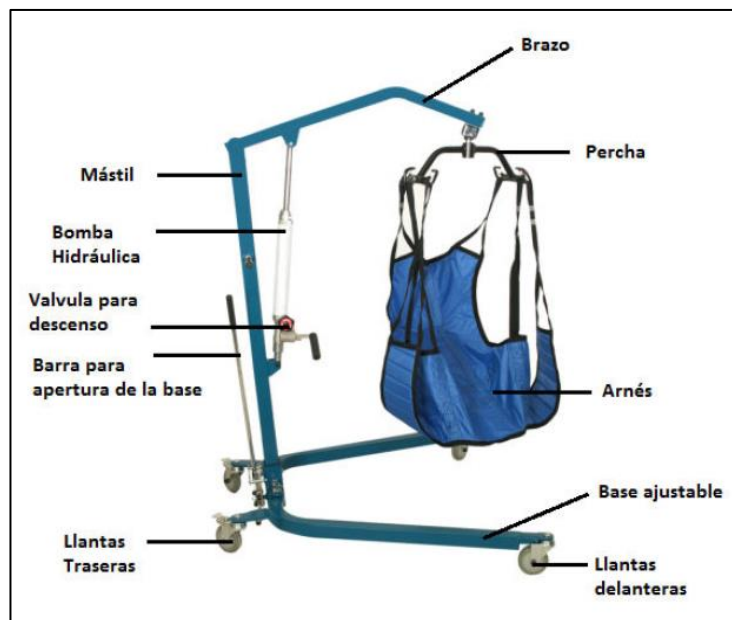
#### **1.3.4.1.3. Grúa para pacientes hospitalaria**

Son las grúas diseñadas para hacer más seguras las maniobras de traslados de pacientes entre sillas, camas y camillas, reduciendo la posibilidad de caída o maltratos. Disminuye la ocurrencia de eventos adversos, producto de golpes, maltrato o desconexión de dispositivos, eventos ocurridos al realizar los traslados del paciente sin contar con las ayudas adecuadas. Los traslados convencionales pueden requerir 2, 4, 6 o más personas.

Una grúa hospitalaria mejora las condiciones de salud ocupacional, mejora la biomecánica e higiene postural del personal de enfermería, camilleros, fisioterapeutas y en general del personal medicoasistencial; así mismo disminuyendo los riesgos ergonómicos, eliminando la posibilidad de sufrir hernias, traumas lumbares, y musculo- articulares en general, causantes de un gran número de incapacidades, ausentismo laboral y deterioro de la salud.

Las grúas hospitalarias son utilizadas en los hospitales y en casa; el cuidado del paciente es fundamental. En la figura 9 se encuentran señaladas todas las partes de una grúa hospitalaria hidráulica para pacientes.

Figura 9. **Partes de una grúa hospitalaria**



.Fuente: [www.teckvobioingenieria.com](http://www.teckvobioingenieria.com). Consulta: 8 de enero de 2015.





## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Proyecto**

Se desarrolló el diseño y la fabricación de una grúa hospitalaria con una carga máxima de izada de 330 libras (150 kilogramos), utilizando un mecanismo de actuador lineal con capacidad máxima de carga de 1 000 libras. Incluye arnés tipo universal y guía de usuario el cual puede revisarse en el apéndice 1.

### **2.2. Diagnóstico de la situación actual**

El XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación 2002 registró un total de 2 200 608 hogares en todo el país; en la Encuesta Nacional de Discapacitados (ENDIS) se estableció que en el 14,5 % de estos habita por lo menos una persona con discapacidad.

En cuanto a la prevalencia de la discapacidad en los hogares por área urbana y rural, los resultados de ENDIS no muestran grandes diferencias, ya que de los hogares con personas con discapacidad, el 48,2 % corresponden al área urbana y el 51,8 % corresponde al área rural. Lo anterior permite inferir que la condición urbana o rural de un hogar, no es un factor que influya drásticamente en la prevalencia de la discapacidad.

De las personas con discapacidad dentro del contexto nacional según datos del INE, el 27 % de las personas con discapacidad la padece por causas congénitas, por enfermedad un 34 % y los accidentes, laborales y de tránsito, son responsables por el 29 %. Esa realidad pone a todas y a todos como

potenciales candidatos a padecer en el futuro de alguna discapacidad. La ENDIS no midió el impacto que tiene la delincuencia y la ola de violencia que azota al país, para la generación de alguna discapacidad, lo que deja un porcentaje no cuantificado.

De acuerdo con el doctor Héctor Ramírez, del Hospital de Rehabilitación del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) el 80 % de las personas con invalidez adquirida, como paraplejia, cuadriplejia o secuelas de un trauma de cráneo son causadas por heridas de proyectil de arma de fuego.

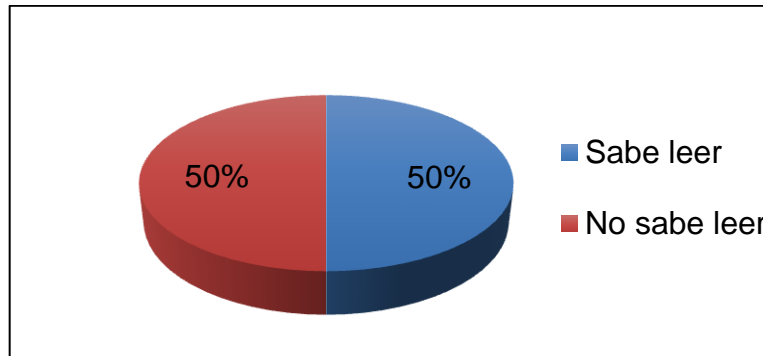
Según estadísticas del seguro social, de enero a julio del año 2014 se atendieron 3 225 personas por accidentes de trabajo y enfermedad común; de los cuales 2 062 eran hombres y 1 163 mujeres.

En los casos comunes, como contusiones, heridas y golpes, además de atropellos o accidentes, se registran provocados por arma de fuego y blanca 1 897 y el resto por trabajo, como lesiones por uso de maquinaria industrial, laceraciones, fracturas de espalda y lumbalgias.

Del total de los pacientes atendidos se estima que el 5 % (300 pacientes al año) quedará con alguna discapacidad para toda su vida, mientras que el resto, aunque con dificultades, regresan a sus labores en un lapso de ocho semanas en promedio.

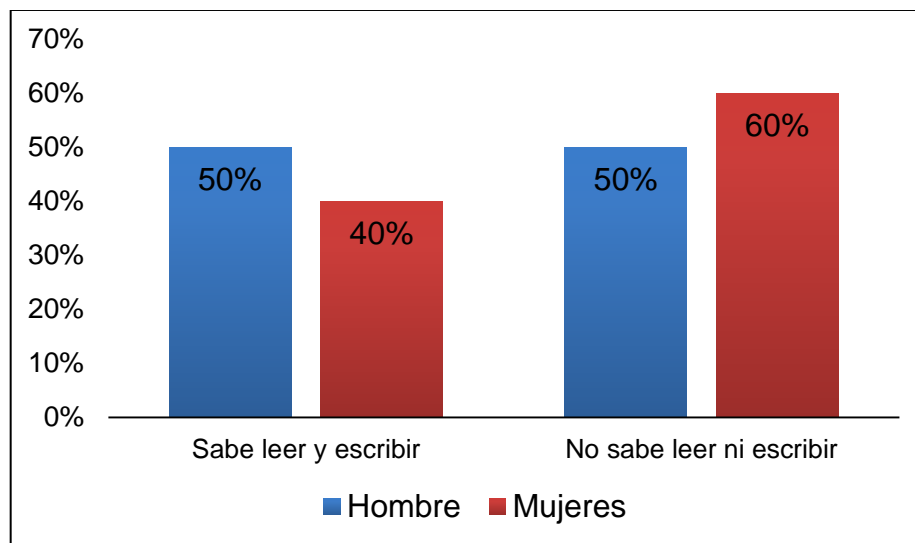
Además, según datos de la ENDIS, en el año 2005, las personas con discapacidad tienen bajo nivel educativo: 50 % del total del sector es analfabeta, 5 de cada 10 no tiene ningún nivel educativo, apenas 4 de 10 han cursado algún grado de educación primaria (figuras 10 y 11).

Figura 10. **Nivel de alfabetización de las personas con discapacidad**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Discapacidad. 2005. p. 50.

Figura 11. **Alfabetismo en población con discapacidad, por género**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Discapacidad. 2005. p. 51.

Según la misma fuente, el 78 % de las personas con discapacidad no recibe atención especializada actualmente. Las causas principales son la falta de dinero, el desconocimiento de la existencia de los servicios o inexistencia de

estos en la localidad, y la falta de motivación personal o de apoyo de la familia. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) está impulsando la organización comunitaria con el propósito de hacer efectiva la estrategia de rehabilitación basada en la comunidad (RBC), como parte de la formación de un modelo de atención a la discapacidad en el área rural.

### **2.3. Metodología y técnicas aplicadas**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación.

#### **2.3.1. Recolección de datos estadísticos**

Se determinó la cantidad de pacientes que necesitan ser transportados y movilizados dentro de su hogares, mejorando el nivel de vida del paciente así como de la familia que le tiene bajo su cuidado.

Se determinó el porcentaje de minusválidos en Guatemala según su rango de edad y su tipo de trauma, siendo accidentes, enfermedades congénitas y la tercera edad los factores principales que producen minusvalía.

En los últimos años ha sido la violencia un factor importante en el aumento de personas con lesiones lumbares, cervicales y traumas cerebrales, provocando que haya aumentado de un 10 % a un 80 %, los pacientes con lesiones y traumas que provocan minusvalía.

### **2.3.2. Entrevistas con personal y pacientes**

Se realizaron entrevistas de campo, tanto con pacientes como con personas que atienden a dichos pacientes en sus hogares. Las entrevistas evidenciaron la necesidad de tener un equipo que facilite la movilización izado y traslado de pacientes con daños lumbares y cervicales. En un porcentaje se platicó con pacientes adultos mayores con problemas de fracturas de caderas y fémur.

### **2.3.3. Diseño y planificación de actividades de fabricación de grúa**

Se realizaron los siguientes procesos para el diseño y fabricación de una grúa hospitalaria.

#### **2.3.3.1. Cortes de metal, taladrado y soldadura**

Los cortes de metal fueron realizados con disco de corte de 1 mm de grosor para evitar la producción de viruta en abundancia y dejar un corte más fino y preciso.

El taladrado fue realizado con brocas de alto rendimiento de cobalto y taladro de pedestal para aumentar la exactitud y la nivelación de cada agujero taladrado.

La soldadura fue realiza por medio de arco eléctrico, y como material de aporte se utilizó electrodo de  $\frac{1}{8}$ " punto café y punto gris 6013 y 6011 respectivamente.

### **2.3.3.2. Ensamble y armado de grúa**

La grúa cuenta con seis (6) componentes o partes: (2) bases de rodos, (1) mástil, (1) brazo (1) percha, (1) actuador lineal, (2) rodos de 4" y (2) rodos de 3".

Para el ensamble de la grúa fueron utilizados pasadores de acero 1035 de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, tornillos de  $\frac{1}{2}$ " para rodos y tornillos de  $\frac{5}{16}$ " para sujeción de brazo y percha.

### **2.3.3.3. Pruebas de cargas y tolerancias**

Se realizó el izado de pesos muertos con cargas variables, iniciando con 20 kilogramos (44 libras); después se repitió el procedimiento de izado aumentando el peso muerto en 15 kilogramos (33 libras) cada vez, hasta llegar a 155 kilogramos (341 libras) de peso final.

Se dejó el peso muerto por un lapso de 15 minutos y después se bajó la carga. Inmediatamente fue desmontada y desensamblada la grúa para revisar cada uno de sus componentes, pasadores, tornillos, actuador lineal para verificar que no hayan sufrido fractura doble o deformación en dicho material.

## **2.4. Propuesta de mejora**

La propuesta de mejora debe incluir automatizar la grúa utilizando un actuador lineal eléctrico o un cilindro neumático para facilitar el izado y traslado del paciente y analizar materiales alternativos con la misma capacidad de carga y tolerancias, pero menor peso para hacer a la grúa más liviana.

## 2.5. Presentación e interpretación de resultados

La tabla I y II reportan los resultados de la fabricación de la grúa y las especificaciones del diseño final.

Tabla I. **Fabricación de grúa hospitalaria**

<b>Tiempo de diseño</b>	1 mes
<b>Tiempo de fabricación</b>	2 meses
<b>Materiales de fabricación</b>	Tubo cuadrado de 38 X 38 mm, de chapa 14 Platina de 2" X $\frac{3}{8}$ " y de 1 $\frac{1}{4}$ " X $\frac{1}{4}$ " Electrodo punto café 6013 Rodos de 4" y de 3" Actuador lineal manual con capacidad de 1000 libras (454,54 Kilogramos)

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Especificaciones de grúa hospitalaria fabricada**

<b>Rotación de eje</b>	360°
<b>Peso de Grúa</b>	19 kilogramos
<b>Carga máxima de izado</b>	150 Kilos de peso.
<b>Patas abiertas</b>	90 centímetros.
<b>Patas cerradas</b>	50 centímetros.
<b>Color</b>	Blanco
<b>Mecanismo de elevación</b>	Actuador lineal manual.

Fuente: elaboración propia.

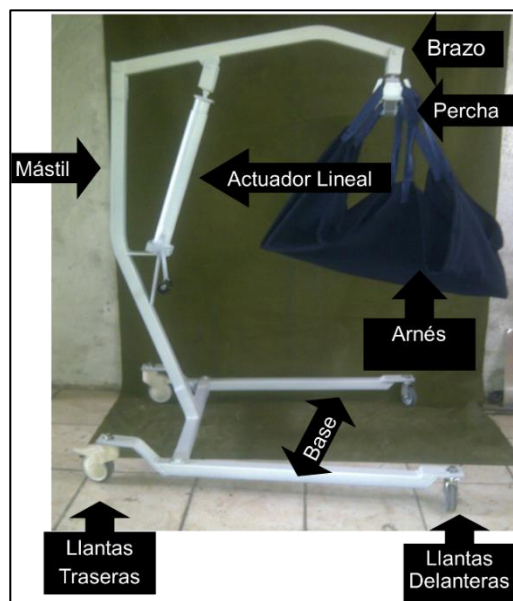
En las figuras 12 y 13 se encuentran fotografías de la grúa fabricada.

Figura 12. **Grúa fabricada vista de distintos ángulos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Grúa fabricada y sus partes**



Fuente: elaboración propia.



En la figura 14 se encuentran fotografías de todo el proceso de fabricación de la grúa hospitalaria fabricada en Grupo Ilimitado S. A.

Figura 14. **Proceso de fabricación de grúa hospitalaria.**



Fuente: elaboración propia.



### 3. FASE DE DOCENCIA

Se tomó en cuenta al personal involucrado, jefes de taller, Departamento de Ingeniería y Proyectos y el Departamento Eléctrico de la empresa, para la presentación de los formatos creados, manuales de funcionamiento, historiales y otros documentos elaborados a partir de los datos recolectados a lo largo de los 3 meses de práctica activa en el diseño y fabricación de la grúa (figura 15).

Figura 15. **Fotografía de proceso de capacitación a clientes y personal**



Fuente: Salón de capacitaciones de Grupo Ilimitado S. A.

### 3.1. Capacitación al personal técnico

Se creó e impartió la capacitación teórica y práctica para informar a los nuevos clientes, personal técnico, personal de enfermería y pacientes, sobre el uso correcto, las operaciones seguras y el mantenimiento mínimo que deberá ser realizado a la grúa hospitalaria según la guía de usuario en el apéndice 1.

En la tabla III se encuentra desarrollado el programa de capacitación realizado durante el desarrollo de este proyecto.

Tabla III. **Programa de capacitación para el uso de grúa hospitalaria fabricada por Grupo Ilimitado S. A.**

<b>Fecha</b>	12 de diciembre de 2014
<b>Hora de Inicio</b>	8:30 horas
<b>Hora de finalización</b>	16:30 horas
<b>Lugar</b>	Salón de capacitaciones de Grupo Ilimitado S. A.
<b>Desarrollo de programa</b>	
<b>HORA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
08:30 a 08:45	Bienvenida al personal a capacitar
08:45 a 09:00	Presentación del personal capacitador
09:00 a 11:00	Desarrollo de curso (Parte I)
11:00 a 11:30	Receso (Cafecito)
11:30 a 12:30	Desarrollo de Curso (Parte II)
12:30 a 14:00	Receso
14:00 a 17:30	Desarrollo de Curso (Parte III)
17:30 a 18:00	Resolución de preguntas

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó y fabricó una grúa con estándares hospitalarios para ser utilizada en la movilización y traslado de personas, convalecientes o con problemas motrices, dentro de sus propios domicilios con un peso de 19 kilogramos, lo que la hace de fácil traslado.
2. Los materiales utilizados para la fabricación de una grúa hospitalaria son los adecuados y disponibles en el mercado nacional, que cumplen con los estándares mínimos para una grúa hospitalaria, siendo estos: tubo cuadrado de 38 X 38 mm, de chapa 14, platina de 2" X  $\frac{3}{8}$ ", platina de 1  $\frac{1}{4}$ " X  $\frac{1}{4}$ ", electrodo punto café 3016, rodos de 4", rodos de 3" y un actuador lineal manual con capacidad de 1 000 libras (454,54 kilogramos).
3. La grúa hospitalaria posee un mecanismo de actuador lineal manual el cual considera una ventaja en costo y tiempo de fabricación, lo que hace a la grúa de fácil acceso para su venta en el mercado guatemalteco a un mejor precio que las grúas importadas.
4. El costo total de fabricación de una grúa hospitalaria es de Q 2 000,00 y el precio para la venta es de Q. 3 500,00 precio equivalente del 50 % del costo comercial de una grúa con las mismas especificaciones, comercializada en el mercado guatemalteco.

5. La grúa hospitalaria puede ser utilizada para el traslado de pacientes inmovilizados desde una cama o una camilla hacia una silla o un vehículo y viceversa.
  
6. Se construyó una grúa hospitalaria de fácil manejo que cualquier persona con un mínimo de instrucción pueda manipularla en una forma cómoda y segura, con la capacidad de trasladar al 98 por ciento de los pacientes que se encuentre igual o por debajo de las 330 libras (150 kilogramos) de peso, siendo esta la carga máxima de izado para este tipo de grúa hospitalaria.
  
7. El arnés universal fabricado tiene un soporte de 150 kilogramos.

## RECOMENDACIONES

1. Diseñar un sistema eléctrico a control remoto para el izado de los pacientes en forma automática.
2. Diseñar arneses que se adapten al sistema de grúa desarrollada durante este trabajo de graduación.
3. Diseñar una grúa hospitalaria utilizando materiales más livianos, pero con tolerancias adecuadas para obtener una operación que facilite la maniobrabilidad y el manejo.
4. Diseñar una grúa para izar y trasladar a pacientes con pesos mayores a 150 kilogramos.
5. Diseñar arneses especiales para facilitar la introducción del paciente en bañeras, de forma segura y cómoda.
6. Diseñar una caja donde se puedan almacenar las piezas que conforman la grúa para facilitar el transporte, el embalaje y almacenaje de la misma.





## BIBLIOGRAFÍA

1. COMAS, A. *Tecnología resumida sobre engranajes*. Ediciones Cedel 1964. 223 p. ISBN 84-352-0310-7.
2. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Perfil sociodemográfico de la población con discapacidad en Guatemala*. Guatemala: INE. 2005. 123 p.
3. INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN *Transmisiones. Rodamientos. Engranajes. Tuberías*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1977. 411 p. ISBN 84-00-03530-5.
4. LARBURU ARRIZABALAGA, Nicolás. *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. México: Paraninfo. 2005. 632 p. ISBN 84-283-1968-5.
5. MILLÁN GÓMEZ, Simón. *Procedimientos de mecanizado*. Madrid: Paraninfo. 2006. 424 p. ISBN 84-9732-428-5.
6. MONTOYA MORENO, Felipe. *Fundamentos de la geometría de los engranajes*. España: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial. 1993. 79 p. ISBN 84-7762-367-8.

7. PÉREZ, Alonso; JULIO, Jacinto. *Ajustes y tolerancias: mecanismos y engranajes*. España: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica. 1992. 68 p. ISBN 84-87051-18-9.
8. RAMÓN MOLINER, Pedro. *Engranajes*. España: AUTOR-EDITOR 1116. 1992. 193 p. ISBN 84-300-2212-0.
9. TEKVO BIOINGENIERÍA. *Manual de grúas*. Volumen 01. Medellín: Tekvo bioingeniería. 2011. 338 p.
10. TULIO PIOVAN, Marcelo. *Trenes de engranajes, reductores planetarios y diferenciales. Notas para la asignatura de elementos de máquinas*. Universidad Tecnológica Nacional de Bahía Blanca: Cátedra de Elementos de Máquinas. 2004. 111 p.
11. WEBB, Maurice. *Manual para técnicos en mecánica industrial*. México: McGraw-hill, 1985. 350 p. ISBN 968-451-670-3.

# APÉNDICE

## Apéndice 1 **Guía para el usuario**

### **1. DISEÑO**

El diseño de la grúa fue realizado por Grupo Ilimitado S. A., y está diseñada para:

- Garantizar la seguridad del paciente en las maniobras de traslado, reduciendo la posibilidad de caída o maltratos.
- Garantizar la salud del personal que asiste al paciente, disminuyendo los riesgos de sufrir hernias, lesiones en columna y traumas musculoesqueléticos en general; causantes del deterioro de la salud.

### **2. BENEFICIOS**

La grúa fabricada por Grupo Ilimitado S. A. ofrece los siguientes beneficios:

- Seguridad y facilidad de manejo.
- Esta grúa ayuda a eliminar la transferencia manual de traslado de pacientes y el stress asociado derivado de la carga manual del paciente con las consecuentes lesiones de espalda.
- Proporciona al paciente máxima comodidad y seguridad
- Esta grúa hace la transferencia rápida y sin esfuerzo.

- Cuenta con una manivela para levantar al paciente desde una altura mínima, hasta la altura máxima de cualquier cama, con un mínimo de esfuerzo físico.
- Su arnés es seguro para el paciente, evitando riesgos de caída y las consecuentes lesiones que se pudieran provocar al paciente.

### **3. CONSEJOS DE SEGURIDAD**

- Familiarizarse siempre con los dispositivos de seguridad de su grúa antes de iniciar el proceso de traslado o pesaje de pacientes, ya que las grúas solo deben ser operadas por personal capacitado.
- Usar solamente arneses suministrados por Grupo Ilimitado los cuales se adaptan a todas sus necesidades.
- Comprobar siempre que el arnés, su tamaño y características son los adecuados para el paciente.
- Verificar que el arnés se encuentre en buenas condiciones. Nunca utilice un arnés desgastado o deteriorado.
- Ajustar siempre el arnés siguiendo las instrucciones de uso. El uso inadecuado puede provocar accidentes.
- Evitar levantar al paciente con los frenos de las ruedas traseras activados.
- Evite desplazar la grúa empujando el brazo o al paciente. Para moverla, se debe utilizar las barras de empuje del mástil o ayudarse dando un leve empuje desde las patas de la grúa.
- Cuando el peso del paciente supere los 100 kilogramos es preferible elevarlo y mover la cama, camilla o silla en la cual vaya a ser descargado.
- Antes de proceder a elevar al paciente, se recomienda que éste se encuentre en una posición lo más cercana posible al suelo, y cómoda. Esto para ganar elevación con la grúa.

- No empujar la grúa cargada con el paciente a más de 3 Km/h. ó 0.8 m/seg.
- Utilizar siempre la grúa sobre terreno sin inclinaciones ni irregularidades.
- No intentar superar con la grúa un obstáculo por el que las ruedas delanteras no puedan pasar con facilidad.
- Abstenerse de usar la grúa en pendientes o superficies inclinadas.
- Evite utilizar la grúa para otro fin que no sea el de elevación, pesaje o traslado de pacientes.
- Nunca superar la carga máxima de las grúas.

#### 4. CARACTERÍSTICAS

##### Descripción de grúa fabricada por Grupo Ilimitado S. A.

<b>Rotación de eje:</b>	360°
<b>Peso de grúa:</b>	19 kilogramos
<b>Carga máxima de izado:</b>	150 Kilos de peso.
<b>Patas abiertas:</b>	90 centímetros.
<b>Patas cerradas:</b>	50 centímetros.
<b>Color:</b>	Blanco
<b>Mecanismo de elevación:</b>	Actuador lineal manual, el que da máximo confort al operador además de una mayor estabilidad y seguridad.

#### 5. OPERACIÓN DE LA GRÚA

- Ajuste de las patas: Las patas de la grúa se pueden ajustar a una mayor o menor anchura para facilitar el acceso a sillas de ruedas, inodoro,

sillones... etc. Para pasar a través de puertas o por pasillos estrechos, se recomienda cerrar las patas totalmente.

- El ajuste se realiza halando la barra para apertura de las patas hacia atrás y moviéndola lateralmente e introduciéndola en uno de los 5 orificios de ajuste.
- Ruedas traseras y frenos: la grúa posee dos ruedas traseras con frenos. Cuando levante el brazo junto con el paciente, las ruedas traseras se deben dejar sin accionar el freno; así la grúa podrá moverse hacia el centro de gravedad de la línea de elevación. Si los frenos están activados, entonces será el paciente el que se moverá hacia el centro de gravedad, con la consiguiente incomodidad.
- Elevación y descenso del brazo: El movimiento del brazo se consigue mediante el accionamiento de una palanca ubicada en la parte lateral de la bomba/gato hidráulico. Para lograr el descenso del paciente se debe girar la llave-válvula para descenso lentamente.

## **6. REVISIONES DE SEGURIDAD**

Todos los productos están diseñados para precisar del menor mantenimiento posible; sin embargo son necesarios algunos controles y revisiones de seguridad.

Antes de utilizar la grúa se recomienda realizar las siguientes comprobaciones:

- Verificar que no hace falta alguna arandela de seguridad. Si hace falta alguna arandela de seguridad, absténgase de utilizar la grúa.
- Revisar de que el pasador brazo-actuador esté sujetado con el pin de seguridad.

- Asegurar que las ruedas delanteras de la grúa se mueven con normalidad.
- Asegurar de que la percha gira y se balancea con libertad de movimientos.
- Comprobar que la percha está firmemente sujeta al brazo y que en la tuerca de seguridad se encuentra puesto el pasador que asegura la tuerca.
- Asegurar de que las patas de la grúa se abren y cierran con total normalidad.
- Accionar la manivela para verificar que el brazo sube y baja correctamente.
- Examinar los arneses para verificar que no presentan desgastes ni daños. No use el arnés que presente desgastes o daños en las correas o en el propio cuerpo.

## **7. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO**

Es recomendable llevar a cabo las siguientes comprobaciones e inspecciones sobre las diferentes partes de la grúa, al menos dos veces por año, en la figura 1, se detallan todas las partes de la grúa:

### **7.1. Percha**

- Verificar que la percha gira y se balancea con libertad de movimientos.
- Verificar que la percha esté sujeta firmemente al brazo de la grúa.

### **7.2. Brazo**

- Verificar el correcto acople del brazo al mástil.
- Asegurarse que el brazo rota libremente sobre su eje.

- Asegurarse que no falta alguna arandela de seguridad o que no hay arandelas en mal estado.

### **7.3. Mástil**

- Asegurarse que el mástil queda correctamente asegurado a su soporte.
- Verificar el estado de los pasadores y platinas de soporte del actuador lineal.
- Asegurarse que no falta alguna arandela de seguridad o que no hay arandelas en mal estado.

### **7.4. Ajuste de las patas**

- Verificar que las patas se abren y cierran con normalidad.
- Asegurarse que no falta alguna arandela de seguridad o que no hay arandelas en mal estado.

### **7.5. Pivotes de las patas**

- Verificar que estén bien asegurados.
- Verificar que las patas pivotan con libertad de movimientos.
- Lubricar con aceite de origen mineral o silicona líquida en caso de que presenten algún tipo de rigidez.
- Asegurarse que no presentan excesivo “juego”.
- Asegurarse que no falta alguna arandela de seguridad o que no hay arandelas en mal estado.



## **7.6. Ruedas delanteras**

- Verificar que están sujetas firmemente a las patas.
- Verificar que tanto las ruedas como sus soportes giran con libertad de movimientos.
- Limpiar cualquier tipo de hebras, hilos, pelos o pelusas que puedan acumular.
- Lubricar, en caso necesario, con aceite de origen mineral.

## **8. LIMPIEZA DE LAS GRÚAS**

- Limpiar con agua y jabón corriente, y/o cualquier desinfectante para superficies duras.
- Evitar el uso de productos de limpieza agresivos o abrasivos, ya que podrían dañar el acabado de la superficie.
- Limpiar con un trapo blanco humedecido y bien escurrido. Nunca limpiar con agua en abundancia.

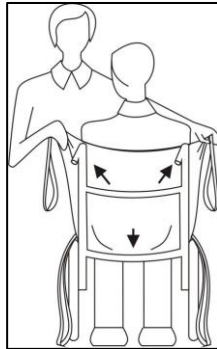
## **9. ARNESES**

Es el elemento de seguridad usado para cargar el peso del paciente.

### **9.1. Uso del arnés desde la posición de sentado**

Deslice el arnés por la espalda del paciente y bájelo hasta la línea media de sus glúteos (sin necesidad de levantar al paciente); cuidando de que el paciente quede centrado verticalmente en el arnés. (Figura 1)

Figura 1. **Forma de poner el arnés “Sentado” desde la posición sentado. Ubicación del arnés detrás la espalda**



Fuente: *Manual grúas Atlas Hidráulica*. 2011. p. 321

Levante la pierna del paciente y pase la correa correspondiente por debajo. Pásela por en medio de las piernas y tire hacia arriba. Evite que el arnés quede arrugado bajo los muslos para no incomodar al paciente. Haga lo mismo con la otra pierna. (Figura 2)

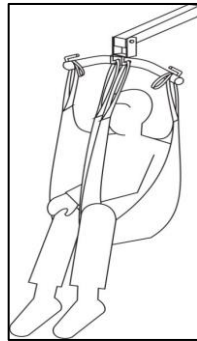
Figura 2. **Forma de poner el arnés “Sentado” desde la posición sentado. Ubicación de las correas bajo los muslos**



Fuente: *Manual grúas Atlas Hidráulica*. 2011. p. 322

Por último ubique las correas de la espalda en los extremos laterales de la percha y ubique las correas de las piernas en los dos ganchos centrales de la percha. De esta forma puede elevar al paciente, verificando que el paciente se encuentre cómodo y que las correas permanezcan en su sitio. (Figura 3)

Figura 3. **Forma de poner el arnés “Sentado” desde la posición sentado.**  
**Elevación del paciente**



Fuente: *Manual grúas Atlas Hidráulica*. 2011. p. 323

**Notas:**

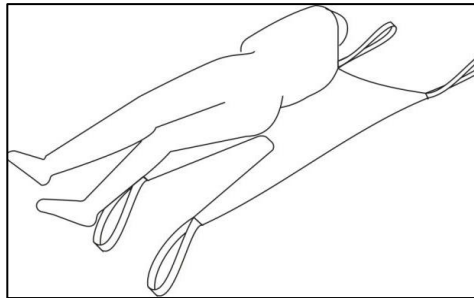
- Cruce las correas de las piernas para que al elevar al paciente, las piernas queden cerradas.
- Si va a trasladar al paciente hacia una cama que cuente con espaldar levadizo, elévelo para que el paciente sea “descargado” en una posición más cómoda.

**9.2. Uso del arnés “tipo universal” desde la Posición acostado**

- Gire de medio lado al paciente y ubique el arnés bajo su espalda. Luego gírelo para el lado contrario y termine de sacar el arnés por debajo de su espalda. (Figura 4)

- Tenga especial cuidado de que cuando realice este procedimiento, el paciente quede centrado verticalmente en el arnés y de que la parte en la cual finaliza la “espalda del arnés” quede ubicada en la línea media de los glúteos.

**Figura 4. Forma de poner el arnés universal desde la posición acostada.  
Ubicación del arnés detrás la espalda.**



Fuente: *Manual grúas Atlas Hidráulica*. 2011. p. 324

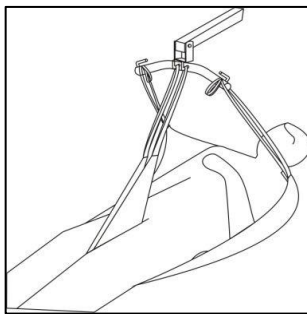
- Ubique cada reata de las piernas bajo el muslo correspondiente, cuidando de que no queden arrugadas para no incomodar al paciente.
- Por último ubique las reatas de la espalda en los extremos laterales de la percha y ubique las reatas de las piernas en los dos ganchos centrales de la percha. (Figura 5)

**Notas:**

- Ubique primero las reatas de la espalda y de ser necesario flexione las piernas del paciente para enganchar las reatas de las piernas.

- ¡No olvide! Siempre que el paciente vaya hacia una silla o se desee que este tome la posición de “sentado” se deben usar las reatas de la espalda en la reata más cercana a la espalda del paciente.

**Figura 5. Forma de poner el arnés universal desde la posición acostada. Ubicación de las reatas bajo los muslos**



Fuente *Manual grúas Atlas Hidráulica*. 2011. p. 325

### **9.3. Carga máxima que soportan los arneses**

150 kilogramos para los arneses suministrados con las grúas.

### **9.4. Instrucciones de lavado de los arneses**

- Los arneses deben lavarse siguiendo las siguientes instrucciones:
- Lavar en solución con jabón suave a temperatura máxima de 71°C
- Secar en una habitación templada o al aire libre
- No colocar cerca de calentadores por convección ni tuberías de vapor
- Debido a que en su interior algunos arneses poseen una espuma plástica, los arneses deben secarse completamente para garantizar la completa evaporación de la humedad.

## 10. GARANTÍA

- Se garantiza la totalidad de su grúa contra defectos de materiales o de producción durante un año desde el día de la compra.
- Se reparará o cambiará las partes solicitadas siempre que sea autorizado por un distribuidor y siempre que la parte o partes en cuestión sean devueltas o informadas dentro del periodo establecido de la garantía.
- No se garantizan las partes que estén dañadas debido a una instalación inadecuada, accidente, mal uso y/o reparación por parte del propietario de la grúa. Las partes modificadas o el servicio dado por personas no están garantizados.
- No se garantiza la grúa o componentes de la grúa dañados, cuando se haya excedido la carga útil de seguridad de la grúa.

Fuente: Elaboración propia con datos del manual de grúas atlas hidráulica de Tekvo Bioingeniería.