

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica



**Rediseño de una grúa de levantamiento de motores para uso
hospitalario y en centros de atención al adulto mayor**

Trabajo de graduación presentado por

Roberto Lorenzana Padilla

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,

2014

**Rediseño de una grúa de levantamiento de motores para uso
hospitalario y en centros de atención al adulto mayor**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica



Rediseño de una grúa de levantamiento de motores para uso hospitalario y en centros de atención al adulto mayor

Trabajo de graduación presentado por


Roberto Lorenzana Padilla

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica


Guatemala,

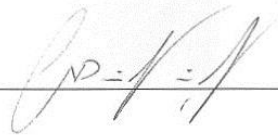
2014


Vo.Bo. :

(f) 
Ing. Raúl Eduardo Loarca Velásquez

Tribunal examinador:

(f) 
Ing. Víctor Hugo Ayerdi

(f) 
Ing. Andrés Viau

(f) 
Ing. Raúl Eduardo Loarca

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de diciembre de 2014.

ÍNDICE

Lista de cuadros.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Resumen.....	x
I. Introducción.....	1
A. Investigación.....	1
B. Proyección social.....	1
II. Objetivos.....	3
A. General.....	3
B. Específicos.....	3
III. Justificación.....	4
IV. Marco teórico.....	5
A. Los requisitos de espacios para hospitales.....	5
B. Conceptos generales y tipos de grúas.....	8
C. Requisitos de hospitales y normas internacionales de grúas y equipo hospitalario.....	9
D. Problemas causados por falta de equipo de movilización de pacientes.....	14
E. Criterios de diseño.....	14
V. Antecedentes.....	17
VI. Delimitación e impacto del tema.....	19
VII. Metodología.....	20
VIII. Presentación de resultados.....	21
A. Resultados de entrevistas en profundidad.....	21
B. Presentación de requisitos de diseño.....	26
C. Usos recomendados para la grúa.....	28
D. Análisis comparativo de grúas.....	28
E. Presentación de diseño final de grúa para pacientes.....	29
F. Costo de la grúa.....	35
G. Materiales y dimensiones.....	37
H. Cálculos de diseño y modificaciones.....	38
I. Planos e instrucciones de construcción.....	56
J. Instrucciones de utilización.....	57
IX. Análisis de resultados.....	58
X. Conclusiones.....	62
XI. Recomendaciones.....	63
XII. Referencias.....	64

XIII. Anexos	66
Anexo I: Tablas de resultados	66
Anexo II: Instructivo para la utilización segura de grúas para pacientes	67
Anexo III: Instructivo de adaptación.....	68
Anexo IV: Planos	69
Anexo V: Tablas utilizadas para cálculo de factores de diseño	76
XIV. Glosario	82

LISTA DE CUADROS

Tabla 1: Medidas en hospitales	25
Tabla 2: Medidas de centros de atención al adulto mayor	25
Tabla 3: Medidas de camas.....	26
Tabla 4: Costo de la grúa	35
Tabla 5: Dimensiones principales de la grúa	37
Tabla 6: Resultados de simulación de cargas en barras separadoras	46
Tabla 7: Resultados de simulación de cargas en el poste principal	52
Tabla 8: Límites de carga recomendados por fabricante	53
Tabla 9: Valores de resistencias máximas y factores de seguridad de componentes utilizado.....	56
Tabla 10: Tabla comparativa de grúas médicas	66
Tabla 11: Precios de cabestrillos	66

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Barra separadora.....	30
Ilustración 2: Cabestrillo	30
Ilustración 3: Cadena principal.....	31
Ilustración 4: Cadena de cabestrillo	31
Ilustración 5: Mosquetón.....	32
Ilustración 6: Grúa pintada de color blanco.....	32
Ilustración 7: Etiquetas	32
Ilustración 8: Manubrio	33
Ilustración 9: Pasador modificado	33
Ilustración 10: Llave de desfogue.....	34
Ilustración 11: Balanza de resorte	34
Ilustración 12: Gráfico de pie de costo de componentes	36
Ilustración 13: Carga en la grúa.....	38
Ilustración 14: Componentes de fuerza en barra	39
Ilustración 15: Diagrama corte-momento para cargas verticales.....	39
Ilustración 16: Dimensiones de barra separadora con carga.....	40
Ilustración 17: Nomenclatura para hallar momento de inercia	40
Ilustración 18: Diagrama corte-momento para cargas verticales.....	41
Ilustración 19: Nomenclatura para hallar momento de inercia.....	42
Ilustración 20: Dimensiones para análisis de esfuerzos fluctuantes	43
Ilustración 21: Diagrama corte-momento para cargas	43
Ilustración 22: Simulación de desplazamiento en barra separadora en Simulation Mechanical 2014	46
Ilustración 23: Diagrama de cuerpo libre de la grúa.....	47
Ilustración 24: Diagrama de cuerpo libre de parte trasera de grúa	49
Ilustración 25: Diagrama de cuerpo libre de la grúa para apoyos.....	50
Ilustración 26: Simulación de desplazamiento de poste principal con 250lb	51
Ilustración 27: Esfuerzos en viga principal para 250lb	51
Ilustración 28: Tela de cabestrillo que falló	54
Ilustración 29: Fotografía de barra de 5mm después de las pruebas	55
Ilustración 30: Resultado de análisis en CAE con la misma carga aplicada.....	55
Ilustración 31: Grúa terminada.....	61

RESUMEN

El presente trabajo de graduación validó la adaptación de una grúa de levantamiento de motores de combustión interna (la que llamaremos en las próximas citas como grúa de motores) para su uso en movilización de pacientes en hospitales y centros de asistencia al adulto mayor.

El problema que se resolvió es el de la movilización de pacientes, que no se pueden mover por medios propios, en centros de asistencia y hospitales. El objetivo fue modificar una grúa de motores cumpliendo los estándares necesarios de los establecimientos médicos, la cual tuvo un costo menor a Q 2,500.00, que facilitará movilización de pacientes.

El proyecto presenta un estudio de campo realizado en hospitales, asilos y casas de cuidado de ancianos de la ciudad de Guatemala, donde se identificaron las necesidades que hay respecto a la movilización de pacientes encamados o inmóviles, al igual que los requerimientos de espacio para ello.

Adicionalmente, el diseño se validó por medio de análisis con programas CAE¹ con lo que se comprobó el cumplimiento de los requisitos (estándares) internacionales para levantamiento de personas por medio de una grúa. La grúa para pacientes que se desarrolló es un aparato seguro para las personas que son movilizadas, fácil de operar por una persona; provee un manual de operación y uno de construcción para su manufactura.

¹ Por su siglas en inglés *Computer Aided Engineering*

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación que se presenta a continuación recopila el desarrollo, desde la concepción hasta la ejecución, del proyecto de graduación titulado *Rediseño de una grúa de levantamiento de motores para uso hospitalario y en centros de atención al adulto mayor*, cuyo fin fue la adaptación, a un bajo costo, de una grúa de motores, para movilizar personas que no se pueden mover por medios propios y que cumpliera con los requisitos de los establecimientos mencionados. El equipo le permitirá al personal de enfermería movilizar pacientes de una manera segura sin la ayuda de más personas. Dada la naturaleza del proyecto, se desarrolla desde dos principales puntos de vista. El primero, la investigación que fundamenta el alcance de los objetivos de este trabajo y el segundo, lograr con ello una proyección social a fin de contribuir al trabajo que realizan los profesionales de la salud en el área elegida.

A. INVESTIGACIÓN

- **Medición de espacios en hospitales y centros de cuidado al adulto mayor.** La medición de espacios en hospitales y centros de cuidado al adulto mayor fue prioritario debido a que las restricciones más importantes para el rediseño de la grúa sería el espacio.
- **Evaluación de diseños existentes.** Se analizaron diseños y accesorios de grúas ya existentes en el mercado (específicas para uso con pacientes) para tomar ideas y mejorar los accesorios que ya tienen incorporados, para luego incluirlos en el rediseño de la grúa.
- **Análisis de materiales.** Se hizo uso extensivo de programas CAE para poder verificar si las modificaciones propuestas eran seguras de implementar. Adicionalmente se hicieron pruebas destructivas para tener conocimiento de todos los componentes de la grúa para movilizar personas.

B. PROYECCIÓN SOCIAL

- **Grúa para movilización segura de personas.** Involucró el rediseño y evaluación práctica de una grúa para movilizar personas que no se pueden mover por medios propios, fácil de utilizar y económicamente viable para la adquisición por centros de cuidado al adulto mayor y hospitales en Guatemala. Adicionalmente, se evaluaron modelos y se recabaron opiniones de las personas que podrían tener acceso a utilizar dicha grúa, con el propósito de conocer las características que les gustaría ver en un equipo como el descrito, así como adecuarlo a las necesidades de dichos usuarios. Finalmente, es importante que equipos de este tipo, estén disponibles para coadyuvar en

el trabajo del personal de enfermería y servicios de salud, que con tanta dedicación y entrega dedican parte de su vida a cuidar y asistir a otras personas con graves problemas de salud, sustituyendo los grandes esfuerzos físicos que realizan a diario para movilizar a sus pacientes, por un artefacto que lo hace por ellos, de una manera segura.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

- Rediseñar una grúa de motores para ser utilizada en la movilización de pacientes de centros hospitalarios y de asistencia para el adulto mayor.

B. ESPECÍFICOS

1. Adaptar una grúa de motores con materiales y accesorios que se pueden encontrar en Guatemala.
2. Investigar si en Guatemala existen normas o requisitos para equipos que se utilizan en hospitales y centros de asistencia.
3. Validar el diseño final por medio de método analítico y CAE.
4. Adaptar la grúa a fin de que el equipo terminado tenga un costo final menor a Q 2,500.00
5. Crear un manual de usuario para la operación adecuada de la grúa.
6. Crear manual de construcción para su manufactura en talleres de metalmecánica.

III. JUSTIFICACIÓN

En una reciente visita a un hospital privado observé la necesidad que estos centros dispongan de una grúa para movilizar pacientes que no se pueden mover por medios propios. Actualmente, en todos los establecimientos movilizan a las personas inmóviles de forma insegura, por medio de un procedimiento empírico donde el paciente es cargado entre cuatro, cinco o más personas, utilizando como único medio sábanas de cama. Lo anterior es un procedimiento riesgoso y que requiere de excesivo personal. Este procedimiento presenta el riesgo que el paciente que se moviliza caiga al suelo o se lastime. Otro punto importante es que el personal de enfermería puede sufrir de lesiones lumbares debido a que tienen que movilizar pacientes de manera regular, de la forma antes mencionada, ya que no cuentan con otra alternativa para ello. Los problemas lumbares son frecuentes y se agravan a largo plazo. El tener disponible un equipo para movilizar a los pacientes va a minimizar o evitar en gran parte que los profesionales de la salud que deben mover a un paciente, se lesionen. Por lo anterior, lo que se busca es que una o dos personas puedan movilizar a un paciente de la cama a una silla (por ejemplo silla de ruedas o sillón) y de regreso; o de una cama a otra cama, de manera segura.

La grúa para pacientes es un equipo de mucha utilidad en hospitales y centros de asistencia, tanto nacionales, como privados. Es importante el desarrollo de un modelo económico, debido a que no se encuentra este tipo de aparatos en el mercado de Guatemala, a precios accesibles para los hospitales y centros de asistencia; aunque se pueden conseguir en algunos lugares que los importan de otros países, pero su precio es muy elevado.

IV. MARCO TEÓRICO

A. LOS REQUISITOS DE ESPACIOS PARA HOSPITALES

Acerca de las medidas necesarias en un hospital, que incluye pasillos, puertas y elevadores, (Neufert, 1997, pág. 490) dice:

1. Hospitales:

- a. Pasillos. Los pasillos se han de dimensionar para la mayor circulación previsible.

Los pasillos de acceso público han de tener al menos 150 cm de anchura. Los pasillos por los que hayan de pasar camillas deberían tener como mínimo una anchura libre de 225 cm. El falso techo suspendido se puede bajar en los pasillos hasta una altura de 240 cm. Las ventanas para iluminación y ventilación no deberían distar más de 25 m entre sí. La anchura útil de los pasillos no puede reducirse puntualmente por la existencia de pilares u otros elementos constructivos.

- b. Puertas. Al diseñar las puertas se han de considerar los requisitos de higiene.

El revestimiento de su superficie ha de ser resistente a los productos de limpieza y desinfección. Las puertas han de satisfacer las mismas exigencias de aislamiento acústico que las paredes circundantes. Las puertas recomendables de dos capas deberían tener una absorción acústica mínima de 25 db. La altura libre de las puertas depende de su tipo y función:

Puertas normales: 2.10-2.20 m

Puertas grandes: 2.50 m

Paso de transportes: 2.70-2.80 m

Altura mínima de los accesos rodados: 3.50 m

c. Escaleras. Por motivos de seguridad, las escaleras se han de construir de manera que en caso de necesidad tengan capacidad suficiente para la circulación vertical global. Han de estar protegidas contra la transmisión de ruidos y olores y no han de existir corrientes de aire. Además, han de cumplir las correspondientes normas de seguridad aplicables en cada caso. Las escaleras deben disponer de pasamanos en ambos lados, sin extremos libres. No son admisibles las escaleras principales de caracol. La anchura útil de las escaleras y rellanos ha de ser al menos de 1.50 m y no puede ser superior a 2.50 m.

Las puertas no pueden reducir la anchura útil de los rellanos (p.e.al abrirse). Se aceptan peldaños con una contrahuella 17 cm y se exige una huella de 28 cm como mínimo. Se recomiendan peldaños con una relación huella/contrahuella de 30/15.

d. Ascensores. Los ascensores deben permitir el transporte vertical de personas, equipo, medicamentos, ropa, alimentos y camillas. Por motivos higiénicos y estéticos debería establecerse una separación de usos. En los edificios cuyas zonas de cuidados, exploración o tratamiento están en un piso, han de existir al menos dos ascensores montacamillas. El camarín de estos ascensores ha de estar dimensionado de manera que quepa una camilla y dos acompañantes. La superficie interior ha de ser lisa, resistente a la limpieza y desinfectable. Las cajas de ascensores han de ser resistentes al fuego (véase DIN 4102). Se calcula un ascensor montacamillas para cada 100 camas, pero como mínimo han de haber dos. Además se debe disponer al menos de 2 ascensores más pequeños para aparatos móviles, personales y visitantes:

Medidas interiores del camarín: 0.90 x 1.20 m

Medidas interiores del hueco de ascensor: 1.25 x 1.50 m

2. Residencias de ancianos: Cuando se trata de casas de cuidados de ancianos también existen normas y recomendaciones para el diseño del establecimiento.

a. Equipamientos para la asistencia de ancianos en:

- i. Viviendas para ancianos;
- ii. Residencias para ancianos;
- iii. Sanatorios para ancianos.

b. Las viviendas para ancianos: deben satisfacer las necesidades de las personas mayores, de manera que puedan vivir independientemente, sin necesidad de alojarse en una residencia. Las viviendas situadas en zonas residenciales, suponen una proporción del 2 % al 10 % del total de viviendas. Vivienda para una persona: de 25 a 35 m²; vivienda para dos personas: 45-55 m². Deben disponer de balcones con una superficie 3 m², 1,40 m de profundidad mínima, puerta balconera sin travesaño inferior.

c. Las viviendas tutorizadas para ancianos son un conjunto de viviendas reunidas en un solo edificio, complementadas con salas comunes y una cocina central 20 m² para cada unidad de viviendas. Es conveniente que esté cerca de un sanatorio para ancianos con oferta de alimentos, actividades de ocio, recuperación y terapia. Asistencia sanitaria (enfermeras) con unidad de baños, sala de tratamiento, fregadero central y cuarto de limpieza. Una plaza de aparcamiento para cada 5-8 habitantes. Calefacción 2 % superior a lo normal. Posibilidad de incorporar servicios de ayudas especiales para los ancianos que lo necesiten.

d. Residencias para ancianos con un equipamiento asistencial continuo. Han de cumplir una normativa estricta. Debido al tamaño de las superficies y locales comunes, resulta rentable a partir de unas 120 plazas. Oferta de alimentación, actos sociales y tratamientos de terapia. Unidad integrada de cuidados especiales para períodos cortos.

e. Características generales: los peldaños de las escaleras deben cumplir la relación 16/30, huellas sin vuelo y con el extremo anterior pintado de color bien visible. Los pasillos y escaleras deben disponer de pasamanos a ambos lados. Ascensores para camillas y sillas de ruedas. Cocinas sin muebles debajo de los antepechos de las ventanas.

f. Situación: cerca de una infraestructura urbana y medios de transporte público, con espacios al aire libre ajardinados y bancos.

g. Locales para ancianos (para pasar el día): con servicios para que los ancianos que viven independientemente puedan reunirse y recibir asistencia esporádicamente. Es aconsejable un local por cada 1600 ciudadanos ancianos. Con sala de encuentros (divisible) de unos 120 m², sala de asesoramiento de unos 20 m² y salas para tratamientos de rehabilitación y terapia, vestidores, salas de grupo, lavabos, cocina americana y bolera.

h. Los sanatorios para ancianos se destinan al cuidado, asistencia y manutención de personas mayores con una enfermedad crónica que necesitan cuidados especiales. Mediante tratamientos activos se debe procurar el mantenimiento y recuperación de los ancianos con la adecuada asistencia médica.

Es precisa una clara separación entre la zona de residencia y la zona de servicios.

Zona de residencia: 50 % de la superficie total; habitaciones individuales: 18 m². Habitaciones dobles: 20 m². Si la habitación dispone de un dormitorio separado las superficies son: dormitorio individual: 7 m²; dormitorio doble: 12 m². Vestíbulo de la habitación: 1.25 x 1.25 m, con 1 m de armario para ropa. Baño con closet, lavamanos y ducha. Cada grupo de residencia comprende unos 8 a 10 habitantes, con una sala de estar con cocina americana que también cumpla las funciones de comedor. Para cada grupo de residencia se ha de prever 1 sala de tratamiento. Los pasillos sirven como vías de comunicación y los distribuidores y vestíbulos deben facilitar la relación de grupos. Sala de descanso y de trabajo para las enfermeras: aseo y guardarropa La zona de tratamientos ha de tener una bañera resistente a los ácidos y apta también para tomar baños médicos, lavamanos, closet, bidet y ducha. Cuarto de limpieza con vertedero. Lavandería, sala auxiliar para aparatos y sillas de ruedas. Zona de estancia y tratamientos cortos, para los ancianos que no residen en el sanatorio pero deben acudir a él durante las vacaciones de las personas que los cuidan en su domicilio, así como para tratamientos post hospitalarios, de rehabilitación, etc. Es conveniente agrupar los equipamientos centrales en la planta baja y sótano, o distribuirlos en un

departamento único. Salas de administración, entrevistas y actos; salas comunes, y cafetería. Salas para terapia, gimnasia, pedicura y peluquería. (Neufert, 1997)

B. CONCEPTOS GENERALES Y TIPOS DE GRÚAS

1. Definición de grúa. Grúa.(Del lat. *grus, gruis*).f. Máquina compuesta de un aguilón montado sobre un eje vertical giratorio, y con una o varias poleas, que sirve para levantar pesos y llevarlos de un punto a otro, dentro del círculo que el brazo describe o del movimiento que pueda tener la grúa. (RAE, 2014)

Las grúas pueden cargar pocos kilos hasta toneladas, se pueden encontrar diversos tipos de grúas, las cuales cada una tendrá una función específica, dependiendo la movilidad de la grúa y el tipo de instalación se pueden diferenciar cuatro tipos de grúas. (García, 2014)

a. De uso industrial:

- Grúas fijas: Se colocan mediante un pie que permanece sostenido en el suelo o mediante un soporte anclado a la pared, estas anclas deben ser firme. (García, 2014)
- Grúas de techo o viajeras: En este tipo de grúas, los raíles se ubican en el techo, lo cual deberá de resistir el peso de la estructura. (García, 2014)
- Grúas móviles: Es la más utilizada, exige mucho espacio, mantenimiento, y una buena habilidad para poder manejarla. Las grúas móviles son perfectas para pasar por lugares estrechos y deben aproximarse lo más que puedan a los puntos entre los que se realizan las transferencias ya que estas no permiten el giro del asiento. (García, 2014)
- Grúa torre: Las grúas torre son utilizadas para elevar y distribuir las cargas, ya que poseen un gancho que cuelga de un cable, lo cual se desplaza por un carro a lo largo de una pluma. Una ventaja de estas grúas es que puede encajarse directamente en el suelo como también puede ser inmovilizada si rueda sobre caminos curvos y rectos. (García, 2014)
- Grúas Pluma: Las grúas de tipo pluma se caracterizan por tener la capacidad de elevarse en sí mismas, extendiéndose a lo largo o a lo ancho a través de diferentes tramos o secciones que se van engarzando una con otra a través de sistemas hidráulicos y/o mecánicos. (García, 2014)

b. Grúas de uso médico:

- Grúas hidráulicas manuales: Es el tipo más sencillo de grúa, estas entran en la categoría de grúas móviles, y el cilindro hidráulico se acciona manualmente por medio de bombeo utilizando una palanca.
- Grúas hidráulicas eléctricas: Estas grúas son casi idénticas en construcción y forma a las anteriores con la diferencia de que el cilindro es accionado por una bomba hidráulica conectada a un motor eléctrico. Tienen la desventaja de que si las baterías no están cargadas, el equipo no se puede utilizar.
- Grúas de bipedestación: La grúa de bipedestación está diseñada especialmente para facilitar la incorporación o elevación de una persona desde cualquier tipo de asiento o silla de ruedas, así como el cambio de pañales y su transferencia a otro lugar, de manera sencilla, segura y rápida. Algunas de las grúas eléctricas más destacadas son: grúa Elev-up, grúa eléctrica Vertic, grúa Aks Dúo, grúa Modulift. (GDSA, 2014)

C. REQUISITOS DE HOSPITALES Y NORMAS INTERNACIONALES DE GRÚAS Y EQUIPO HOSPITALARIO

1. Normas de diseño de grúas y equipo de levantamiento de material. Existe una gran variedad de normas de diseño cuando se trata de grúas. En algunos casos las normas están presentadas para grúas en general, es decir, grúas de movimiento de material, de personas, polipastos, grúas de motores y de puente.

- a. Las organizaciones más importantes que especifican normas de diseño para grúas son:
- DIN (Deutsches Institut für Normung)
 - ASME (American Society of Mechanical Engineers)
 - ANSI (American National Standards Institute)
 - IEC (International Electrotechnical Commission)
 - USAS (USA Standard)
 - NFPA (National Fire Protection Association)
 - NASA (National aeronautics and space administration)

- b. Las principales normas de diseño para grúas son:
- NSS/GO-1740.9B: Norma de NASA que especifica las cargas con las que deben ser probadas todas las grúas que carguen personas y las de material. Una regla principal para que sea aceptada cualquier grúa bajo esta norma es que pueda soportar 125% del peso máximo indicado. (NASA, 2012)
 - DIN 15018-2: Esta norma es acerca de grúas industriales, estructuras metálicas, sus principios de diseño y construcción. (DIN, 2012)
 - IEC 62366:2007: Especifica el proceso que debe seguir un fabricante para analizar, especificar, diseñar, verificar y validar un equipo que está destinado a ser de uso médico. La norma ayuda con recomendaciones para evitar el mal uso de un equipo y de esa forma evitar accidentes de trabajo. Puede ser utilizada para identificar riesgos relacionados con equipos de uso médico. (ISO, 2007)
 - USAS A10.5-1969: Esta norma es específica para requisitos de seguridad en grúas que se utilizan para el transporte de materiales. Especifica diámetros de cables y agujeros a utilizar al igual que procedimientos de parte del operario para mantener un ambiente de trabajo seguro. (USAS/ANSI, 2006)
 - ASME.A17.1.2007. Código de seguridad para elevadores y gradas automatizadas. (ASME, 2007)
 - ANSI 10.4-1963: Requerimientos de seguridad para grúas de trabajo. (ANSI, 2007)
 - Normas ASME/ANSI B30: (ASME A. S., 2014)
 - ASME/ANSI B30.9: Norma de cabestrillos, cables de acero y cadenas para grúas que transportan material o personas.
 - ASME/ANSI B30.10: Normas de ganchos y uniones de cabestrillo a estructuras, grúas y puentes grúa.
 - ASME/ANSI B30.16: Normas para diseño y seguridad de grúas móviles. Especifica que debe de soportar 125% de la capacidad máxima de carga indicada en el equipo.
 - ASME/ANSI B30.20, "Below-the-Hook Lifting Devices."
 - ASME/ANSI B30.21: Norma de diseño, consideraciones y seguridad en manufactura y uso de grúas móviles de operación manual. En esta norma se especifican los tipos de prueba de cargas que deben ser realizados en una grúa de motores.
 - Otras:
 - Code of Federal Regulation, Title 29, Part 1910.184, Norma de cabestrillos, cables de acero y cadenas para grúas que transportan material o personas. (DOL, 2014)
 - Code of Federal Regulation, Title 29, Part 1926.550, Lineamientos de seguridad para el uso de todo tipo de grúas. (DOL, 2014)
 - Mechanical Engineering Department Design Safety Standards, Chapter 2.2: Estándares y lineamientos para el diseño de equipos de levantamiento en general. (USAS/ANSI, 2006)

- NFPA 70, Article 610, Normas de seguridad en el uso de grúas industriales para mover personas y accesorios (NFPA, 2014)

2. Normas de diseño y precauciones de equipo hospitalario.

a. Las normas de equipo hospitalario están orientadas principalmente a la seguridad en el uso de los equipos. Existen varios requisitos que estas normas piden a las empresas, pero no están relacionadas directamente con el diseño del equipo, sino que están relacionadas con la utilización del equipo por instalar en el hospital.

b. Las principales organizaciones y entidades que regulan lo anterior son:

- FDA (Food and drug administration)
- WHO (World Health Organization)
- IEC (International Electrotechnical Commission)
- ISO (International Organization for Standardization)

c. Requisitos de normas para hospitales:

- IEC 60601-1: Requerimientos generales para seguridad básica y desempeño esencial de equipos utilizados en hospitales. La norma es un estándar que han tenido que adoptar la mayoría de hospitales a nivel mundial a pesar de que es un proceso muy costoso y difícil para llevar a cabo. Las casas de cuidado de niños y ancianos no están sujetos a tener que cumplir con esta norma. (Turnbull, 2007)
- IEC 62366:2007: Es una norma que varios hospitales exigen que tenga el producto. Especifica el proceso que debe seguir un fabricante para analizar, especificar, diseñar, verificar y validar un equipo que está destinado a ser de uso médico. La norma ayuda con recomendaciones para evitar el mal uso de un equipo y de esa forma evitar accidentes de trabajo. Puede ser utilizada para identificar riesgos relacionados con equipos de uso médico. (ISO, 2007)
- WHO Medical device regulations: Este documento indica todo lo que se debe de exigir de un fabricante de equipo médico. Menciona la importancia de los estándares y cuales son obligatorios y cuales voluntarios en diferentes países. Contiene también una guía de manejo de riesgo de equipo médico el cual debe ser constantemente monitoreado para asegurar que se encuentra en condiciones aceptables. El documento indica que es responsabilidad del gobierno de cada país imponer estándares y requisitos para la adquisición de equipo médico. Finalmente el documento propone acciones a tomar para normalizar los estándares de producción y diseño de equipo médico a nivel mundial para

que todos los países se rijan por la misma norma y se puedan importar/exportar equipos para uso en hospitales con más facilidad. (WHO, 2003)

- ANSI/AAMI/ISO 15223-1:2007: Esta norma es exclusivamente acerca de las etiquetas y simbología que debe tener un equipo para uso en hospitales. (ISO, 2007)
- FDA Device Regulation: especifica los requisitos mínimos que debe de tener un equipo que será utilizado en un hospital. Lo que pide la norma es lo siguiente:
 - Que el distribuidor/vendedor esté inscrito en la FDA
 - Un listado de todos los proveedores, revendedores, empresas externas que les proveen servicios, y fabricantes que les proveen accesorios.
 - Permiso de venta y distribución
 - Que el producto y su seguridad sean verificados por una agencia externa a la empresa que vende el producto
 - Sistemas de calidad implementados en la fábrica donde se produce el equipo como por ejemplo buenas prácticas de manufactura y normas ISO 9000
 - Etiquetas indicando límites de operación de los equipos al igual que manuales de usuario y reparación. (FDA, 2014)

3. Normas en Guatemala. Manual de normas y procedimientos de las dependencias médico hospitalarias del IGSS: este manual establece los procedimientos a seguir de compras. Menciona que toda compra debe pasar previamente por un proceso de licitación, donde los vendedores exponen las características y precios de los artículos por comprar. (IGSS, 2013). Adicionalmente de parte del ministerio de salud hacen revisiones en los hospitales y hogares de ancianos con el propósito de verificar que las instalaciones estén en buenas condiciones pero no cuentan con una norma específica para diseño o requisitos de equipo médico.

4. Normas y códigos para uso de grúas de movilización de pacientes. Las siguientes normas son específicas para la colocación de cargas en grúas y equipo de movilización. También existen guías normas en algunos países para la movilización segura de pacientes en grúas. Existe una gran cantidad de instructivos en el uso de grúas para pacientes, de la cual están todos basados en las siguientes normas, códigos o instructivos.

- LOLER: Es una colección de instrucciones para asegurarse de que se utiliza una grúa apropiadamente. Estas normas también aplican para movilización de personas. (UKHSE, 1998)

- OSHA 3708: Esta guía da todas las indicaciones para movilizar pacientes adecuadamente en ambientes de casas de cuidado. Explica cómo utilizar los equipos y evitar posibles accidentes por medio de la observación. (OSHA, 2014)
- Normas HSA: Normas de uso adecuado de equipo hospitalario. Está orientado principalmente a evitar lesiones en pacientes por el mal uso de equipos. Incluye precauciones que se deben seguir para evitar accidentes con el manejo de pacientes en lo que respecta su movilización. Las normas son de Irlanda pero son ampliamente utilizadas en hospitales europeos debido a su efectividad y facilidad de uso. El documento incluye formas de evaluación de daños en equipo, las rutinas que se deben de tener para su mantenimiento y cuidado. (HSA, 2014)
- Código de prácticas seguras en movilización de pacientes usando grúas NHS: Esta es una norma que aplica para todo el Reino Unido y es acerca de movilización de pacientes usando grúas manuales. El código da guías para identificar compatibilidad entre cabestrillos y grúas, al igual que el mantenimiento que deben de tener dichos equipos. El código se relaciona con las normas LOLER de inspección y mantenimiento de grúas y equipos de movilización. Uno de los aspectos más importantes es el de control de infecciones y menciona que el cabestrillo debe ser lavado adecuadamente entre pacientes. Adicionalmente, el documento incluye plantillas para llevar registros del mantenimiento de las grúas de movilización de pacientes. (NHS, 2007)
- Procedimiento de inspección de grúas Cardiff and Vale: Esta es una guía específica para la revisión y constante monitoreo de la condición de cabestrillos usados en grúas de movilización de pacientes. Este instructivo refiere a la norma LOLER de inspección de equipos para contar con más seguridad en el ambiente de trabajo. La guía cuenta con plantillas para llevar el control de inspección de los cabestrillos que se utilizan con la grúa. (CVUHB, 2011)
- Manejo de dispositivos médicos MHRA: Esta es una guía para la adquisición, beneficios y mantenimiento básico que conlleva la compra de un equipo médico. Se incluyen grúas, camas, aparatos eléctricos, desfibriladores y demás equipo de uso en hospitales. Adicionalmente provee guías para el entrenamiento de personal en la utilización de los equipos al igual que plantillas para llevar control de equipos. (MHRA, 2014)

D. PROBLEMAS CAUSADOS POR FALTA DE EQUIPO DE MOVILIZACIÓN DE PACIENTES

Las personas que se dedican al cuidado de personas frecuentemente experimentan lesiones musculoesqueléticas, a un paso ya mayor que los trabajadores de construcción minería y manufactura. Las lesiones que sufren se deben en su mayor parte a la movilización de pacientes asociada con transferirlos de cama y repositarlos. El problema de la movilización de pacientes se vuelve cada vez mayor debido a que cada vez las personas son más pesadas. Esto se debe a la epidemia de obesidad que está ocurriendo en los Estados Unidos. Los costos directos e indirectos asociados con lesiones lumbares en el área de cuidado médico se estima que son de \$20 billones anuales. Adicionalmente las enfermeras son las que más sufren de estos problemas, ocupando la mayoría de reportes (269,000 casos) de lesiones de espalda. En el año 2000, 10,983 enfermeras con licencia sufrieron lesiones graves de espalda por estar levantando pacientes sin la asistencia de una grúa o equipo similar. Un 12% de enfermeras registradas ese año abandonaron su trabajo debido a lesiones en la espalda. El promedio de edad de las enfermeras en los Estados Unidos es de 46.8 años y cada vez es más escasa la cantidad de personas que se dedican a esto. Es por esta razón que es muy importante preservar la salud de las enfermeras. Se espera que para el año 2020 el número de enfermeras profesionales se reduzca en un 30% en comparación al 2014. (Jennifer Bell, Jim Collins, Traci L. Galinsky, & Thomas R. Waters, 2008)

Un estudio en la unidad ortopédica de Minnesota determinó que traía muchos beneficios el contar con un equipo de movilización de personas, lo que incluía grúas, un equipo de capacitación, y soportes de espalda. Se demostró que la productividad aumentó y las lesiones disminuyeron en un 95%, y el promedio de movilización de pacientes subió a 80 movilizaciones por día. (Guthrie PF, 2004)

E. CRITERIOS DE DISEÑO

1. Diseño para diferentes tipos de carga. La forma apropiada de elegir un factor de diseño entre otros criterios de diseño como material, es conociendo el tipo de carga a la que va a estar sometida el componente. Existen cinco tipos principales de carga que son: Estática, fluctuante, repetida e invertida, impacto, y aleatoria. (Mott, 2006:165)

Una carga estática es una carga que es aplicada lentamente y queda aplicada permanentemente. También se puede considerar como carga estática cuando se remueven las cargas con lentitud o que se cambia en intervalos de tiempo muy amplios. Una carga fluctuante es el tipo de carga que varía en un período de tiempo que es cuando una pieza está sometida a un esfuerzo alternativo, que tiene un promedio distinto a cero.

Una carga repetida e invertida es cuando ocurre una inversión de esfuerzo, es decir, si un elemento es sometido a un valor de esfuerzo de compresión, seguido por uno de igual magnitud pero de tensión.

Las cargas de impacto es cuando se aplica una carga a un elemento de forma inmediata.

Las cargas aleatorias son las que se aplican de forma variable y no son regulares en su amplitud. Se conoce también como cargas de amplitud variable. Se debe emplear análisis estadístico para analizar este tipo de cargas. (Robert L. Mott, 2006)

2. Factor de diseño. El factor de diseño es una medida de la seguridad de una pieza o componente cuando este tiene una carga aplicada. El factor de diseño se relaciona con la resistencia del material utilizado y el esfuerzo permisible. Un factor de diseño o factor de seguridad es la relación entre el esfuerzo máximo que soporta el material y el esfuerzo que se está produciendo debido a una carga.

El factor de diseño es un valor que debe ser elegido por el diseñador según la aplicación que tenga su diseño. Existen varias organizaciones a nivel mundial que establecen los factores de diseño que deben de tener distintos componentes. Entre las organizaciones más importantes están: ASME (American Society of Mechanical Engineers), AGMA (American Gears Manufacturers Association), ANSI, ASTM e IEC. Cuando no existe un valor establecido de factor de diseño para la aplicación, el diseñador debe de elegir un factor. Los factores son los siguientes: (Mott, 2006:185)

Para materiales dúctiles:

N=1.25 a 2.0. Para diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño

N=2.0 a 2.5. Para diseño de elementos bajo cargas dinámicas.

N= 2.5 a 4. Diseño de estructuras estáticas o elementos bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas.

N= 4 o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas donde existe incertidumbre de las cargas, propiedades del material y condiciones de trabajo. (Robert L. Mott, 2006)

3. Métodos de análisis de diseño. Existen varios tipos de análisis de diseño que se escogen según el tipo de material, el tipo de carga, condiciones de trabajo, y tipo de esfuerzo como esfuerzos normales fluctuantes (método de Goodman), esfuerzos cortantes fluctuantes y acumulación de daños. (Mott, 2006:193)

El método de acumulación de daños es aplicable a una estructura que está sometida a cargas cíclicas espaciadas, con cargas variables, con un material dúctil.

- Método de acumulación de daños:

El método de acumulación de daños se debe elegir cuando el componente está sometido a una carga cíclica, de amplitud variable y se está trabajando con un material dúctil.

El principio básico del método de acumulación de daños es que se asume que con diferentes tipos de cargas a lo largo del tiempo, se va a acumular daño en un componente.

Esto quiere decir que si por ejemplo ya se acumuló 50%, significa que el componente va a la mitad de su vida si se siguen aplicando cargas iguales por otro período de tiempo igual. Existe una tabla de curvas para aceros y aluminios de R.R.Moore la cual indica resistencias a la fatiga representativas. El uso de esta gráfica sirve en el método de acumulación de daños para determinar el número de ciclos de falla dado un esfuerzo aplicado. Para determinar el daño acumulado se utiliza la siguiente ecuación: $D_i = n_i / N_i$, en donde D_i es la contribución del daño debido a la carga, n_i el número de ciclos con un determinado esfuerzo al que está sometido el componente, y N_i el número de ciclos a la falla para el valor de esfuerzo que está siendo aplicado (gráfica de R.R.Moore) se considera que existe una falla cuando $D_i = 1$. La regla de daño lineal acumulativo de Miner establece que el daño total que recibe un componente es la suma de los daños D_i de distintos esfuerzos y ciclos aplicados. (Robert L. Mott, 2006)

En los modelos de daño acumulativo se pueden agregar muchas variables para incorporar fatiga de varias fuentes, direcciones, historial de daños, incremento de ciclos de carga, propiedades del material, y corrosión. Todo esto se puede relacionar para estimar la duración de un componente en el que $D=0$ significa un material virgen y $D=1$ un material que falló. Si los esfuerzos que se producen en el material son mucho menores que el esfuerzo de límite elástico, entonces esas cargas no van a contribuir a la acumulación de daños en el componente. (Ellyin, 1997)

Los diagramas esfuerzo-número de ciclos que se utilizan para estos cálculos fueron contruidos con especímenes de acero pulido de entre 0.2 y 0.3 pulgadas de diámetro. Si el miembro que se está diseñando está entre esos tamaños, el análisis puede ser útil, pero si el elemento es más grande, el método no es completamente exacto. Adicionalmente, la formación y propagación de una rajadura va a tomar más tiempo mientras el elemento de mayor tamaño, por lo que se debe utilizar con precaución este método. (Pilkey, 199

V. ANTECEDENTES

En la Universidad del Valle de Guatemala se han realizado investigaciones y proyectos con relación a mejorar la calidad de vida de personas con alguna deficiencia motora. Estos proyectos son principalmente de movilización asistida electrónica y mecánicamente. Los trabajos de graduación en modalidad de megaproyecto que destacan de la Universidad del Valle relacionados son ANIMA (2009), INNOVA (2011) y Profectus (2012).

No se encontraron proyectos o estudios realizados directamente con la movilización de pacientes en centros de asistencia por medio de grúas de movilización en la Universidad del Valle de Guatemala ni en otra institución de educación superior en el país.

Sin embargo, existen varios estudios y documentos de otras universidades e instituciones relacionados al tema de grúas de movilización de pacientes y normas de movilización. A continuación se presenta una lista de documentos relacionados al tema que fueron material de apoyo para el presente proyecto.

1. *El riesgo asociado a la movilización de pacientes*

Autores: Álvarez Casado, Enrique; Hernández Soto, Aquiles Carlos; Rayo García, Verónica

Contribuyentes: Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Organització d'Empreses

Información del editor: WOLTERS KLUWER ESPAÑA S.A

Año de la publicación: 2012

Resumen: El Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, establece que la movilización manual de personas puede derivar en riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. Unos peligros a los que están expuestos de manera frecuente los profesionales de los sectores sanitario y asistencial, que a diario tienen que ayudar a moverse a personas hospitalizadas o con discapacidades motoras. Diferentes metodologías científicas, como la MAPO (Movilización Asistencial de Pacientes Hospitalizados), han profundizado en el análisis de estos riesgos a fin de establecer unas medidas preventivas adecuadas, incluyendo la recolocación de los trabajadores con limitación para la movilización de enfermos.

2. *FDA Suggests Safe Use of Patient Lifts.*

Fuente: Professional Safety. Oct2012, p20-20. 1/4p.

Tipo de documento: Artículo

Resumen: El artículo ofrece guías de la FDA (the U.S. Food and Drug Administration) y del gobierno de Nueva Escocia para prevenir accidentes y lesiones cuando se utiliza una grúa para pacientes. Principalmente muestra instrucciones de utilización adecuada de grúas de pacientes y posiciones para poder movilizar a un paciente.

ISSN: 0099-0027

Número de acceso: 82366688

Base de datos: Business Source Premier

3. *Patient lift apparatus and patient lift service dispatch system*

Número de documento: 20120095777

Fecha de publicación: Abril 19, 2012

Appl. No: 13/273235

Resumen: El Proyecto es de una grúa de movilización de pacientes en la que se diseñaron y mandaron a construir todos los componentes. En este proyecto le pusieron especial atención al sistema de descenso del paciente, lo que incluye una barra separadora y diferentes tipos de arneses que incluyeron en el proyecto.

Inventores: Chang, Chao-Hsien (New Taipei City, TW); Li, Jeng-Han (Pingtung County, TW); Fu, Ju-Ping (Hsinchu City, TW); Shy, Jyh-Ming (Hsinchu City, TW); Cheng, Shun-Chieh (Taichung City, TW)

VI. DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA

El equipo de movilización de pacientes de este proyecto de graduación pretende demostrar que es posible tener equipo para movilización de personas a un bajo costo. El proyecto pone en evidencia el sobrepeso de las actuales grúas para pacientes disponibles en Guatemala y pretende demostrar las ventajas y desventajas de la grúa rediseñada en comparación a las disponibles en el mercado Guatemalteco.

La investigación cuenta adicionalmente con la adaptación y rediseño de una grúa de motores que es completamente funcional y segura para movilizar personas. En esta investigación no se utilizaron pacientes reales para las pruebas y retroalimentación. Se utilizaron masas para simular diferentes cargas y personas saludables para dar opinión acerca de la comodidad y posiciones de la grúa.

La grúa propuesta por el presente trabajo de investigación busca atender una necesidad importante que hay en todos los hospitales y centros de cuidado del adulto mayor en Guatemala. Tiene como propósito adicional informar a las personas entrevistadas y a quienes se les presenta el proyecto, de la clase de equipos que existen y cómo facilitarían su trabajo, así como el hecho de que podrían evitar serias lesiones.

VII. METODOLOGÍA

Se realizó un trabajo de campo el que consistió en visitar 2 hospitales nacionales, 3 privados y 3 centros de atención al adulto mayor. Con estas visitas se recabó toda la información necesaria para conocer:

- Restricciones de espacio
- Requerimientos de los pacientes
- Requerimientos del personal que va a utilizar la grúa
- Peso promedio de los pacientes con los que se va a utilizar la grúa
- Requisitos específicos del establecimiento
- Normas internacionales relacionadas a lo anterior

Según los requisitos de espacio en los lugares visitados, y el peso promedio de los pacientes, se seleccionó y compró la grúa de motores que mejor se adecuaba a las condiciones de trabajo.

Para la visualización de la grúa elegida y las modificaciones, se utilizó *Autodesk Inventor 2014*, debido a que dispongo de una licencia de la Universidad del Valle para utilizarlo. El utilizar este programa me facilitó el verificar las dimensiones óptimas de componentes, dimensionamiento del producto final y la presentación de diferentes ideas a las personas que utilizarán la grúa para que hicieran sugerencias respecto al diseño, para luego implementarlo en el producto final. Una vez se llegó a definir un diseño que cumple los requisitos y expectativas, se procedió a validar dicho diseño. La validación del diseño se realizó apoyándose en el software *Autodesk Simulation Mechanical* para hacer un análisis de esfuerzos y finalmente se encontró un factor de seguridad de dos componentes principales.

Para la modificación de la grúa se fabricaron los componentes necesarios para determinar su precio. Finalmente, se hicieron pruebas con la grúa terminada, para asegurar que funcionara correctamente. Dichas pruebas se realizaron usando masas para simular el peso y tamaño de un paciente real.

VIII. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A. RESULTADOS DE ENTREVISTAS EN PROFUNDIDAD

Las entrevistas en profundidad fueron uno de los pilares fundamentales de esta investigación, ya que con ellas se recabó una considerable cantidad de información sobre el contexto en torno al trabajo involucrado en la movilización de pacientes, así como datos necesarios para el rediseño y la adaptación de la grúa de motores para uso con pacientes. Las entrevistas fueron dirigidas a profesionales de la medicina (médicos y cirujanos), estudiantes de Licenciatura en Medicina (residentes o internos), gerocultores y personal de enfermería, debido a que trabajan en ese campo y están en contacto directo con distintas situaciones que requieren de movilizar pacientes que no lo puede hacer por sus medios. Lo anterior les da la experiencia para recomendar que es lo que necesita un equipo de movilización de pacientes. En total se entrevistaron 3 profesionales de la medicina (médicos y cirujanos) que trabajan en el ámbito administrativo hospitalario, 10 personas de la profesión de enfermería, 5 estudiantes internos, y 4 gerocultores. De las personas que se entrevistaron, únicamente 3 habían tenido la experiencia de utilizar una grúa para movilizar pacientes.

Se enfocaron las preguntas hacia opiniones en general acerca de los beneficios que podría tener la utilización en su trabajo de una grúa para movilizar pacientes, al igual que su opinión acerca de características que les gustaría que tuviera el equipo. Así mismo se indagó a los profesionales de las ciencias médicas para conocer su criterio sobre si el proyecto tendría una aplicación viable en hospitales y centros de atención al adulto mayor. Las preguntas que guiaron las entrevistas son las siguientes:

1. ¿Cree que sería más seguro utilizar una grúa para movilizar a un paciente, en lugar de utilizar el procedimiento actual?
2. ¿Cree que sería útil un equipo como este en el lugar donde trabaja?
3. ¿Piensa que utilizar este tipo de equipo disminuiría o evitaría repercusiones en la salud o lesiones laborales en quienes movilizan a pacientes de manera regular?
4. ¿Qué beneficios notaría si usted tuviera un equipo de estos a su disposición?
5. ¿Qué uso le daría usted a la grúa?
6. ¿En qué área del hospital sería más utilizada una grúa de estas?
7. ¿Para qué tipo de personal sería más útil una grúa para movilizar pacientes?

Preguntas guía adicionales a profesionales que trabajan en la administración hospitalaria:

1. ¿Existen normas o restricciones en los hospitales para la compra de equipos nuevos o usados?
2. ¿Compraría un equipo de este tipo?
3. ¿Cuánto podría pagar la institución en la que trabaja?

A la pregunta: ¿Cree que sería más seguro utilizar una grúa para movilizar a un paciente, en lugar de utilizar el procedimiento actual?, todas las personas entrevistadas opinaron lo siguiente:

- Que sí sería mucho más seguro movilizar a un paciente con una grúa (en sustitución del procedimiento que utilizan actualmente de manera física).
- Que el proceso que actualmente utilizan para movilizar personas es por medio de cargarlos con la sábana en la que el paciente está recostado y que necesitan como mínimo cuatro personas para hacerlo, si es de peso promedio.
- Que el anterior procedimiento es riesgoso para el paciente y que también puede lastimar a las personas que los mueven.
- Que en más de una ocasión han sufrido de dolores de espalda o conocen a alguien, por mover a pacientes de esa forma.

A la segunda pregunta, todas las personas entrevistadas respondieron que sí sería útil un equipo como éste en el lugar donde trabajan, tanto en hospitales como en las casas de cuidado al adulto mayor. Varios mencionaron la necesidad de contar con capacitación adecuada para su uso.

A la pregunta: ¿Piensa que utilizar este tipo de equipo disminuiría o evitaría repercusiones en la salud o lesiones laborales en quienes movilizan a pacientes de manera regular?, todos los entrevistados de nuevo estuvieron de acuerdo en que tener a su disposición uno de estos equipos evitaría lesiones, especialmente lumbares en el personal de enfermería o gerocultores, quienes son los que movilizan con regularidad a los pacientes. Mencionaron que en muchos casos las lesiones no son inmediatas, sino que, es a largo plazo que les provoca complicaciones lumbares. De las enfermeras, varias mencionaron que al llegar a una edad más avanzada es cuando comienzan a surgir muchos problemas y dolores causados, posiblemente por estar cargando personas por tanto tiempo sin disponer de un equipo adecuado de movilización.

Acerca de la pregunta sobre los beneficios que notarían si tuvieran un equipo de estos a su disposición, lo primero que mencionaron todos fue que daría más seguridad al paciente. Los entrevistados expresaron que eso es algo muy importante y que se le presta atención, refiriéndose a la seguridad actual que existe para movilizar pacientes. Adicionalmente, volvieron a mencionar la seguridad para las personas que hacen uso del equipo (personal de enfermería y gerocultores) y las lesiones que se evitarían. No fue posible obtener información sobre si han tenido o conocen de casos donde se haya lesionado a un paciente por movilizarlo de manera empírica, lo que se podría deber a temor por repercusiones laborales o

responsabilidad de algún tipo, a pesar de que se hizo énfasis en la confidencialidad de la identidad de quien da la información.

El uso principal a una grúa para movilizar pacientes que mencionaron los entrevistados fue el de mover personas en estado inconsciente o con severos problemas de salud que les impiden hacerlo por sus propios medios. Las situaciones más comunes mencionadas al respecto fueron pacientes que han sufrido fracturas múltiples de extremidades; infartos cerebrales (derrames o isquemias); entre otros. Solamente dos personas mencionaron que podría utilizarse para movilizar a personas con sobrepeso.

Con relación a la pregunta sobre las áreas en donde sería más útil una grúa de movilización de personas, los entrevistados que laboran en hospitales o centros de atención al adulto mayor mencionaron principalmente: cuartos o habitaciones de encamamiento, salas de tomografía, radiología, área de intensivo y de ortopedia.

Los resultados de las entrevistas a profesionales de la medicina (médicos y cirujanos) que han trabajado en el área administrativa de hospitales y al personal encargado de compras de hospitales privados, fueron diferentes, ya que sus respuestas giraron alrededor del costo de la grúa, disponibilidad de la institución para comprar equipos y necesidades de los hospitales. Asimismo varios de ellos mencionaron que sería ideal que se tuvieran varios de estos equipos disponibles en los hospitales nacionales (públicos), pero ven como obstáculo difícil de vencer el hecho de la falta de recursos para ello. Mencionaron que si es difícil tener acceso a medicinas e insumos básicos en los hospitales nacionales (públicos), es más difícil por el momento que se pueda invertir en equipos de movilización; esto indica que la compra de equipos de movilización pasa a un segundo plano y no está incluido en ningún plan estratégico para adquirirlos a corto o mediano plazo.

En los tres hospitales privados que se visitaron las respuestas fueron con otro enfoque. Así, en uno de ellos no cuentan con ninguna grúa de movilización de pacientes. Personas del departamento de compras mencionaron que en realidad no les interesa adquirir este tipo de equipos. En esa visita mencionaron que el personal de enfermería tiene como parte de sus funciones hacer ese trabajo. Por su parte, en otro hospital privado no cuentan actualmente con ninguna de estas grúas, pero expresaron que dependiendo del precio podría ser una posibilidad que en un futuro pudieran adquirir uno o dos equipos de movilización de personas. En los tres hospitales privados, ninguna persona entrevistada tenía información sobre el precio de estos equipos, por lo que no pudieron especificar con claridad cuánto estarían dispuestos a pagar por una grúa de movilización de personas.

Acerca de los requisitos y estándares en Guatemala, cada hospital es responsable por las compras que realiza, lo que significa que ellos imponen los requisitos mínimos para realizar la compra de un equipo. En uno de los hospitales privados que se visitaron, el director mencionó que cuando se compran insumos o equipos en gran cantidad, piden como requisito normas ISO 9000 que son respecto al control de calidad, al igual que solicitan instructivos de uso para el equipo así como soporte técnico de parte del proveedor.

También se indagó acerca del peso promedio de los pacientes, ya que es uno de los datos más importantes para la construcción de un equipo de movilización. En los hospitales nacionales y privados que se visitaron, se encontró que los pacientes se pesan con el único propósito de administrar las dosis de medicamentos adecuadas. El peso de los pacientes no es ingresado a un sistema de cómputo ni archivado para un propósito estadístico. Por esa razón, en ninguno de los lugares visitados se pudo contar con datos sistematizados sobre el peso promedio de los pacientes. En los hospitales visitados sí mencionaron que ocasionalmente ingresan pacientes con sobrepeso (obesidad u obesidad mórbida) cuyo peso oscila entre 300 y 500 libras.

En los centros de cuidado al adulto mayor, tampoco cuentan con datos registrados del peso de los pacientes. Adicionalmente mencionaron que en varias ocasiones han tenido residentes que tienen muy poca o ninguna movilidad y que no hay forma de pesarlos debido a que no se pueden poner de pie sobre una balanza, a diferencia de los hospitales privados, que cuentan con algunas camas que tienen incorporado un sistema para ello. Para este problema se propuso una solución simple que se incluye en el rediseño de la grúa y que se darán más detalles adelante.

En los centros de cuidado al adulto mayor se indagó acerca del número de pacientes y su estado. Se encontró que en el hogar Jardín de los Abuelitos todos los pacientes solo llegan durante el día y es rara la ocasión en la que se quedan a dormir. Adicionalmente mencionaron que todas las personas que llegan pueden movilizarse por medios propios. El segundo lugar que se visitó fue el hogar San José de la montaña. En este lugar atienden aproximadamente 40 pacientes de los cuales solo 10 residen en el lugar permanentemente. En este lugar tenían a dos personas que no se podían movilizar por medios propios y residen en el lugar. La mayor desventaja que se encontró en este lugar fue de las instalaciones. Las instalaciones dificultan el uso de una grúa de movilización de paciente debido a que tiene varios corredores angostos, y es de varios niveles la construcción, lo que significa que constantemente habría que movilizar la grúa por rampas y escaleras, lo cual es un proceso dificultoso. El lugar cuenta con un elevador pero los entrevistados mencionaron que este está descompuesto y rara vez funciona. Finalmente se visitó el hogar San Vicente de Paul Zona 5. Se determinó que este lugar es el ideal para contar con una grúa de movilización de pacientes. En las instalaciones tienen 65 residentes, de los cuales 30 no se pueden movilizar por medios propios. Las instalaciones cuentan con las puertas más anchas de los lugares que se visitaron, y los sanitarios con mejor accesibilidad. El hogar cuenta con dos niveles pero solo el primero es

el que se utiliza para todas las actividades con los residentes. En el lugar cuentan con un departamento de mantenimiento para mantener los equipos e instalaciones en condiciones óptimas. En las visitas que se realizaron a hospitales y centros de asistencia al adulto mayor, se tomaron medidas de los pasillos principales, puertas de habitaciones, puertas hacia salas de tomografía y otros espacios y elevadores. Todas esas medidas fueron muy importantes para el proceso de selección de la grúa sobre la que se implementarían las adaptaciones y rediseño.

Tabla 1: Medidas en hospitales

Hospital	Ancho de puertas (encamamiento promedio)(cm)	Alto puertas (cm)	Pasillos (min)(cm)	Elevadores (cm)	Ancho puertas de tomografía (cm)	Ancho puertas de cuidado intensivo (cm)	Espacio entre camas(cm)
Roosevelt	90	200	210	115	115	100	90
San Juan de Dios	90	200	165	120	115	105	60
Herrera Llerandi	90	200	150	120	120	100	100
El Pilar	90	200	180	120	120	120	50
Centro Médico	90	200	160	120	120	120	40

Tabla 2: Medidas de centros de atención al adulto mayor

Centros de atención al adulto mayor	Ancho de puertas (encamamiento promedio)(cm)	Alto puertas(cm)	Pasillos (min)(cm)	Espacio entre camas(cm)
Jardín de los abuelitos Zona 15	90	200	120	120
San Vicente de Paúl Zona 5	90	200	135	150
San José de la montaña Zona 2	90	200	120	100

Tabla 3: Medidas de camas

Lugar	Altura mínima encontrada (cm)	Altura máxima encontrada (cm)
Roosevelt	45	90
San Juan de Dios	40	90
Herrera Llerandi	60	75
El Pilar	65	75
Centro Médico	60	75
Jardín de los abuelitos Zona 15	40	-
San Vicente de Paúl Zona 5	50	-
San José de la montaña	60	-

B. PRESENTACIÓN DE REQUISITOS DE DISEÑO

A partir de las entrevistas realizadas y las visitas a los hospitales y centros de asistencia al adulto mayor, se pudo encontrar los requisitos que debe de tener una grúa de movilización de personas. Los requisitos más importantes en este proceso de diseño fueron los de espacio ya que los hospitales y centros de asistencia en Guatemala, por lo general, disponen de espacios limitados y en algunos casos sobrepasan su capacidad de ocupación. Por otro lado existe el problema que no todas las construcciones de hospitales tienen medidas similares para las mismas áreas (por ejemplo, que todos los pasillos y entradas a tomografía tuvieran las mismas dimensiones). Se encontró que una de las limitantes más grandes de espacio son las entradas a los cuartos de encamamiento promedio y en el caso de las casas de cuidado al adulto mayor, las puertas de las habitaciones. El ancho de las puertas a este tipo de habitaciones mide 90 centímetros por lo general, lo que significa que la grúa de movilización de pacientes que se utilice debe ser plegable para poder pasar por un espacio reducido. Este requisito fue uno de las primeras guías para poder seleccionar la grúa de levantamiento de motores sobre la cual se harían las adaptaciones. De esta forma se determinó que el primer requisito debía ser que la grúa fuese plegable.

Otra limitante es el alto de las puertas, lo que llevó a descartar varios modelos de grúas de levantamiento de motores, en especial las de 2 toneladas, que son muy robustas y más altas que las de una tonelada.

Al ver el espacio reducido de los cuartos y por las recomendaciones que hicieron las personas entrevistadas, se determinó que era necesario un manubrio para poder girar la grúa con facilidad (la mayoría de grúas de motores no cuenta con un manubrio). Se presentaron varias ideas a los entrevistados y estuvieron de acuerdo con que el manubrio fuese un tubo recto, debido a que ocupa menos espacio, pesa menos y es más sencillo de construir que otro tipo de manubrios.

Otro requisito importante que pidieron los entrevistados fue que la grúa fuese fácil de desmontar y lo más versátil posible en términos de ser plegable. Esto con el propósito de almacenarse en espacios reducidos o que ocupase el menor espacio posible cuando no estuviera en uso. Estos requisitos conllevaron el tener que hacer los accesorios lo más fácil de ensamblar y desensamblar con otros componentes y buscar una grúa de motores que fuera plegable.

Un requisito importante mencionado por los médicos y personal administrativo fue el color del equipo. Mencionaron que el color debe ser blanco, celeste o similar, y evitar los colores vívidos como el rojo, debido a que pueden tener implicaciones psicológicas especialmente en los pacientes; los colores fuertes o vívidos se tratan de evitar en centros hospitalarios, por lo que se buscan colores suaves con el propósito de inspirar tranquilidad y comodidad a los pacientes.

El requisito más importante de todos es la seguridad del paciente. Todas las personas que se entrevistaron expresaron que este es el aspecto más importante en un equipo hospitalario. Esto significó que el diseño de la barra separadora y del cabestrillo debía ser seguro para el paciente y proveer una sujeción segura y al mismo tiempo cómoda.

Por último dos entrevistados mencionaron que un requisito importante es la facilidad de cambiar componentes y la disponibilidad en Guatemala de conseguir dichos componentes, por ejemplo, cabestrillos y cadenas.

En síntesis los requisitos más importantes fueron:

1. Seguridad
2. Comodidad
3. Que la grúa sea plegable
4. Color
5. Disponibilidad de repuestos
6. Instrucciones de uso para entrenar personal

C. USOS RECOMENDADOS PARA LA GRÚA

La grúa que se adaptó puede ser utilizada para varias funciones de movilización de pacientes. A partir de lo que las personas entrevistadas en hospitales y centros de asistencia comentaron, se determinó que para lo que más se utilizaría sería para la limpieza de las camas, lo que incluye cambio de sábanas. El proceso de hacer eso con una persona inmóvil resulta muy difícil y tardado, principalmente porque lo tiene que hacer solo una persona de enfermería. Una persona sola podría llevar a cabo el proceso de limpieza de una cama fácilmente sin necesidad de pedir ayuda de más personas ni poner en riesgo al paciente ni al personal de enfermería.

El uso que más le darían en los asilos después de la limpieza de camas, sería movilizar a los pacientes de la cama a una silla de ruedas o silla convencional; para cambiar de una cama a otra al paciente; para trasladar a un paciente de una silla de ruedas hacia un automóvil, siempre y cuando sea una superficie plana y el vehículo sea lo suficientemente espacioso.

Según lo que se observó en las visitas a los hospitales y entrevistas a médicos residentes e internos, la grúa no se recomienda utilizarla en la sala de emergencias debido a que es un procedimiento que se debe llevar a cabo con cuidado y no con la rapidez que se requiere en casos de una emergencia.

D. ANÁLISIS COMPARATIVO DE GRÚAS

1. Grúas médicas. Se realizó una búsqueda de varios modelos de grúas construidas específicamente para un propósito médico tanto en el mercado guatemalteco como en E.E.U.U y México. El propósito de esta búsqueda fue documentar los precios que tienen dichos equipos puestos en Guatemala. Adicionalmente, sirvió para tomar ideas tanto de construcción como de accesorios para la grúa que se trabajó en este proyecto. En Guatemala se encontró que los distribuidores principales de grúas médicas son: Garal S, A, Casa Médica, y CORMEDSA. Existen otros vendedores de grúas pero éstos se las compran a los distribuidores antes mencionados.

Las grúas disponibles en Guatemala, son del tipo más sencillo, es decir, los modelos más simples y económicos que venden internacionalmente. Todas las grúas que venden en Guatemala vienen con al menos un cabestrillo incluido. Dicho cabestrillo lo mandan a hacer de lona localmente y solo está disponible en una talla. Los precios en Guatemala de grúas para movilizar pacientes son elevados, siendo el más bajo Q6, 500 y el más alto Q10, 000.

La otra parte de la búsqueda de grúas médicas consistió en buscar grúas médicas en Estados Unidos y México para traer a Guatemala y así determinar el precio final de estas, puestas en Guatemala. Se consultó con el servicio de aerotransportes CPX para obtener el precio de transportar una grúa de Estados Unidos a Guatemala y de México a Guatemala. El precio del flete es de 250.00 USD para cualquier modelo de grúa médica traída de Estados Unidos o de México. En Guatemala, no se pagan impuestos por traer equipo médico, en comparación con otro tipo de artículos que deben pagar entre 5% y 15%. Se buscaron modelos similares a los que venden en Guatemala y uno con una construcción más robusta, que se parece más a la grúa de este proyecto. Los precios fueron Q4, 840 el más bajo y Q 7,560 el más alto siendo la grúa traída de México.

2. Grúas de motores. Las grúas de motores se evaluaron únicamente dentro del mercado de Guatemala. Las características que se buscaron fueron: poco peso, versatilidad de movilización, un precio menor a Q1, 800 y disponibilidad. Se consultó a varios lugares que venden grúas para levantamiento de motores entre los que están: MIMSA Maquinaria, ETRATESA de Guatemala, COMECA, Universal S, A, Distribuidora WACSA, PriceSmart Guatemala y F.P.K, S. A. En todas estas contaban con grúas para levantamiento de motores, pero la mayoría son para dos toneladas, lo que significaba que la grúa es significativamente de mayor tamaño que una grúa para uso médico. Otra característica importante que se buscó fue que tuviera una forma de retraer las patas, estas característica se encontraron únicamente en PriceSmart Guatemala y en F.P.K., S. A... Finalmente se decidió comprar la grúa en F.P.K., S. A. Debido a que tenía un precio menor que en PriceSmart Guatemala y adicionalmente tienen una mayor disponibilidad de grúas si se deseara en un futuro adaptar más grúas para uso con pacientes.

E. PRESENTACIÓN DE DISEÑO FINAL DE GRÚA PARA PACIENTES

1. Modificaciones hechas a la grúa.

a. Lista de modificaciones hechas:

- Barra separadora
- Cabestrillo
- Cadenas
- Mosquetones
- Color
- Manubrio
- Pasadores de seguridad
- Llave de desfogue
- Balanza de resorte

2. Detalle de cada modificación:

a. **Barra separadora (sujetador de cabestrillo):** Inicialmente se mandó a manufacturar una barra separadora de prototipo a una herrería para la cual se trató de replicar el diseño de la barra separadora que se observó en la grúa que disponía el hospital Roosevelt. La primera barra la hicieron en un taller de herrería con un espesor de 5mm. Esta barra separadora se utilizó como prototipo para observar dimensiones y si resultaba cómoda de usar tanto para el paciente como el operario de la grúa. La barra separadora se sometió a pruebas y falló ante la carga de una persona cuyo peso era de 250 libras, por lo que se tuvo que mandar a construir otra, luego de determinar el espesor ideal.

Por medio de análisis en *Autodesk Simulation Mechanical 2014* se determinó que un espesor de 10mm es apropiado para soportar un peso de 250 libras en posición sentada, teniendo un factor de seguridad de 3. Existen muchos diseños de barras separadoras pero se eligió este por su simplicidad y facilidad de manufactura, lo que conlleva a un costo menor. A la barra se le colocaron indicadores para que el usuario observe la ubicación correcta de las cadenas. El costo de la barra separadora de 10mm fue de Q110.00.

Ilustración 1: Barra separadora



b. **Cabestrillo:** para obtener el cabestrillo se tuvo la opción de comprarlo en tres lugares, Casa Médica, S. A., GARAL, S. A. y CORMED, S. A. Estos tres lugares venden el mismo cabestrillo, que mandan a manufacturar a una sastrería local la cual no quisieron especificar. El cabestrillo se compró en CORMED S, A, a Q 400.00 debido a que era el de precio más bajo. El cabestrillo no incluye ningún tipo de garantía y en los tres lugares especificaron que el mismo es para un peso máximo de 300 lb. Existen otras variaciones de cabestrillos, disponibles en los tres lugares mencionados, pero su costo es mayor (desde Q 450.00).

Ilustración 2: Cabestrillo



c. **Cadenas:** La grúa se equipó con dos tipos de cadenas, una principal de soporte (gris) y cuatro de sujeción al cabestrillo (amarillas). Las cadenas son marca ACE, fueron compradas en la tienda de ferretería CEMACO, S. A. Las cadenas amarillas están recubiertas de una delgada capa plástica. Se eligieron estas por tres razones principales. La primera es que la capa plástica de recubrimiento previene la corrosión, lo que va a hacer que las cadenas puedan ser utilizadas por más tiempo. La segunda razón es por comodidad; si el paciente se sujeta de las cadenas para sentirse más seguro, el recubrimiento plástico ofrece más suavidad en la superficie que lo hace más cómodo, además evitaría una laceración debido a pequeños filos en el metal. La tercera razón de la elección fue por la apariencia, debido a que el recubrimiento plástico le da una apariencia más limpia y vistosa. La cadena principal de soporte tiene una carga máxima recomendada por el fabricante de 900 libras y las amarillas plastificadas de 800 libras.

Ilustración 3: Cadena principal



Ilustración 4: Cadena de cabestrillo



d. **Mosquetones:** Se eligió poner uniones de mosquetón en el cabestrillo y la barra separadora por dos razones. La primera razón y la más importante es por la alta resistencia que ofrecen (máximo de 230kg). La segunda razón por la que se eligió usar uniones de mosquetón es por la facilidad de colocar y de remover. Para el operario es mucho más fácil colocar un mosquetón con resorte a que tener que abrir una unión con perno. Adicionalmente da la facilidad de desmontaje rápido para cambiar una pieza con facilidad si fuera necesario.

Ilustración 5: Mosquetón

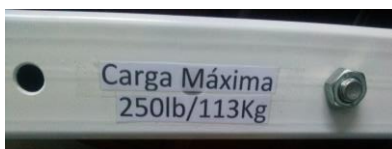


e. **Color:** con las entrevistas y las visitas a los hospitales se pudo determinar que el color más apropiado para utilizar en este tipo de equipo era el blanco. Hubo sugerencias de parte de los entrevistados de que el color de la grúa no fuera de colores muy brillantes o fuertes, favoreciendo el uso de colores oscuros o suaves como blanco, crema, celeste o azul. Las distintas opciones de colores se les presentaron a los entrevistados mostrándoles el modelo digital en la computadora. Se eligió pintar la grúa de color blanco debido a que es el color más fácil de conseguir, en presentación más económica y cumple con las sugerencias de los profesionales entrevistados. La estructura principal de la grúa se pintó de color blanco, el cilindro y palanca de color gris, y el manubrio y la barra separadora de color negro. Con el color cambiado, se procedió a poner calcomanías en la grúa indicando el pasador a remover y la carga máxima que soporta el equipo en libras y en kilogramos. Se decidió poner el peso en libras debido a que es la dimensional que más se acostumbra a utilizar en Guatemala.

Ilustración 6: Grúa pintada de color blanco



Ilustración 7: Etiquetas



f. **Manubrio:** La barra timón es una de las modificaciones más importantes que se hicieron en la grúa. Después de haber mostrado el diseño preliminar en la computadora a los entrevistados y que expresaran que dicha modificación sería de suma importancia, se decidió colocar una barra recta para facilitar la movilización de la grúa. De los entrevistados, tres mencionaron haber utilizado grúas médicas con anterioridad y expresaron que era esencial que la grúa tuviera un manubrio. Se propuso un diseño de un manubrio con un estilo de timón de bicicleta de ruta, pero todos los entrevistados prefirieron la barra recta. El manubrio se mandó a fabricar a un taller de soldadura común, lo cual tuvo un precio de Q75.00. Adicionalmente se le abrieron dos agujeros para poder insertar tornillos con tuerca para ser sujetado a la base principal de la grúa.

Ilustración 8: Manubrio



g. **Pasadores de seguridad:** Los pasadores de seguridad que incluye la grúa tienen unos sujetadores pequeños que no resultan cómodos para la extracción del pasador. Con el objetivo de que fuese más fácil poder extraer e insertar el pasador se le soldó una mancuerna más grande. Esta modificación hace que sea más cómodo y más rápido el proceso de extraer un pasador de las bases de las ruedas para poder retraerse y pasar en espacios reducidos. Con respecto a la inserción del pasador, también resultó ser más fácil insertarlo ya que incluso se puede empujar con el pie.

Ilustración 9: Pasador modificado



h. **Llave de desfogue:** La llave de desfogue del cilindro hidráulico se puede abrir y cerrar con el uso del extremo de la barra de bombeo. El abrir o cerrar esta llave era un procedimiento difícil de llevar a cabo con las manos por lo que se decidió modificar. Se soldó una perilla de grifo a la válvula de desfogue para facilitar abrirla y cerrarla. Esto provee de más seguridad ya que si se hacía con los dedos en la configuración inicial, no se cerraba ni abría completamente. Esta idea fue tomada de grúas ya existentes, principalmente de la marca Drive vista en Casa Médica y CORMED. Lo más importante de esta modificación es que provee al usuario con más control de descenso cuando la grúa carga a un paciente.

Ilustración 10: Llave de desfogue



i. **Balanza de resorte:** Esta balanza es una solución sencilla y práctica para uno de los problemas más grandes que hay en el cuidado de personas que no son capaces de movilización propia, la medición de peso, especialmente en pacientes de hospitales nacionales o de centros de atención al adulto mayor que no cuentan con camas con balanza integrada, como hay en algunos hospitales privados. La balanza va colocada entre la cadena del poste principal y la barra separadora. Esta no debe de estar colocada si se va a movilizar el paciente, sino que es solo para pesarlo sobre una cama. La balanza tiene una capacidad de medir hasta 150Kg (336lb).

Ilustración 11: Balanza de resorte



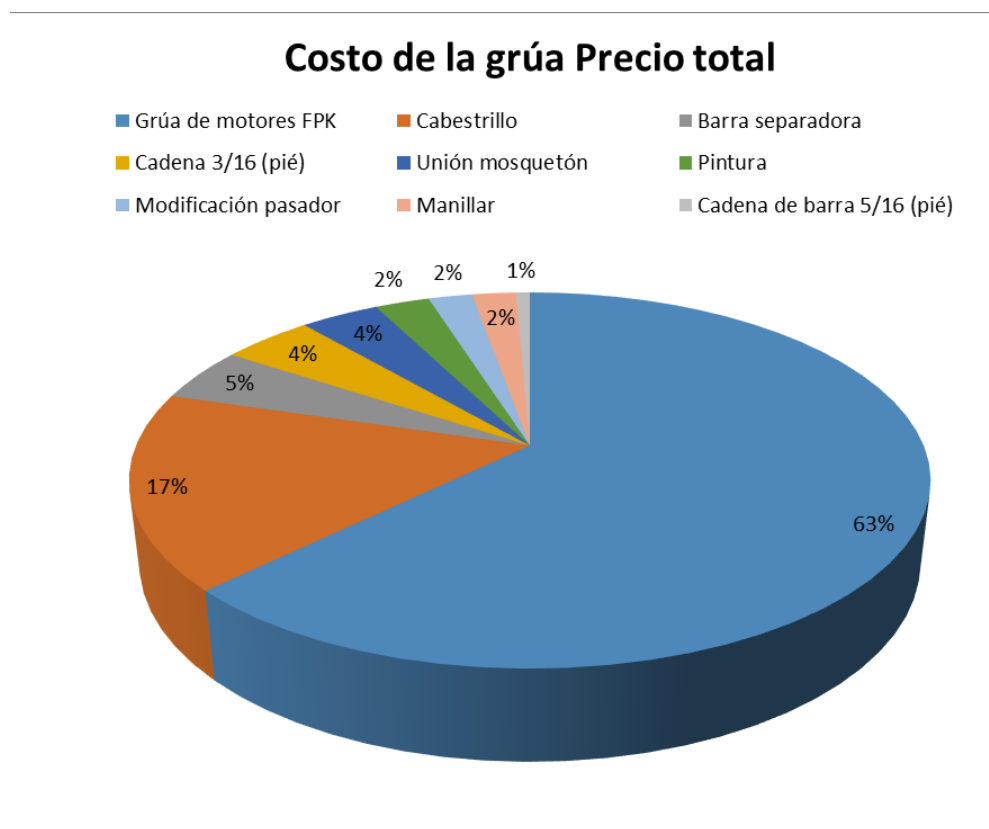
F. COSTO DE LA GRÚA

Uno de los objetivos principales del proyecto es que el costo del producto final fuese menor a Q 2,500.00 Para lograr este objetivo se tuvo que buscar la forma de conseguir los accesorios e implementos al menor costo posible sin dejar a un lado factores de calidad y seguridad que debe de tener el equipo terminado. El punto de partida del presupuesto fue limitado debido a que el precio de la grúa de levantamiento de motores –base sobre la cual se implementaron las modificaciones del rediseño- fue de Q1, 484.20. El accesorio más costoso fue el cabestrillo, con un precio de Q400.00. Inicialmente no se pensó en incluir el cabestrillo en el precio, pero debido a que las grúas médicas que se venden en Guatemala vienen con al menos uno incluido, se decidió incluirlo. Todos los artículos listados en la tabla que sigue, son los que se utilizaron para la conversión de una grúa de levantamiento de motores a una grúa de movilización de pacientes que cumple con los requisitos de los establecimientos de cuidado de personas en Guatemala. A continuación se presenta la tabla con todos los materiales y accesorios que se utilizaron para la adaptación de la grúa.

Tabla 4: Costo de la grúa

Pieza	Costo total	%	Cantidad	Costo unitario
Grúa de motores FPK	Q1,484.20	62.72	1	Q1,484.20
Cabestrillo	Q400.00	16.90	1	Q400.00
Barra separadora	Q110.00	4.65	1	Q110.00
Cadena 3/16 (pié)	Q103.92	4.39	8	Q12.99
Unión mosquetón	Q89.91	3.80	9	Q9.99
Pintura	Q62.28	2.63	4	Q15.57
Modificación pasador	Q50.00	2.11	1	Q50.00
Manillar	Q50.00	2.11	1	Q50.00
Cadena de barra 5/16 (pié)	Q15.99	0.68	1	Q15.99
Gran Total	Q2,366.30			

Ilustración 12: Gráfico de pie de costo de componentes



G. MATERIALES Y DIMENSIONES

Tabla 5: Dimensiones principales de la grúa

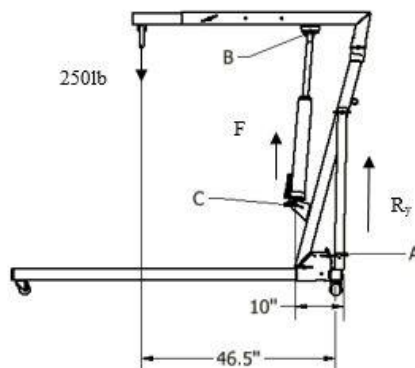
Material o parte	Dimensiones
Dimensiones de patas:	71mm X 71mm, t=2.70mm
Poste principal:	60.6mm X 60.6mm, t=4mm
Poste móvil:	71mm X 71mm, t=4mm
Largo pluma:	120cm
Largo total:	135cm
Ancho mínimo:	70cm
Ancho con una pata retraída:	80cm
Ancho máximo:	99cm
Diámetros pasadores:	11mm
Material:	AISI1020
Diámetro agujeros de pasadores:	16mm
Peso de la grúa:	50.8Kg (112lb)
Peso de accesorios:	3.6Kg (8lb)
Peso total:	54.4Kg (120lb)
Altura mínima:	11 cm
Altura máxima:	2m
Altura mínima con cabestrillo instalado:	(Nivel del suelo)
0m	
Altura máxima con cabestrillo instalado:	1m40cm

H. CÁLCULOS DE DISEÑO Y MODIFICACIONES

1. Carga máxima de la grúa (momentos). Una de las preocupaciones que más mencionaron los entrevistados fue:

¿Qué sucedería si se excede la carga límite de la grúa? La mayoría supuso que la grúa podría caerse hacia el frente, o en otras palabras, que rotara sobre las ruedas del frente. Haciendo un análisis estático de la grúa y simplemente observando la grúa de este proyecto como las de propósito médico, se puede observar que todas están diseñadas para que la carga esté ubicada entre las dos ruedas, es decir, por detrás de las ruedas del frente. Con eso se puede determinar que la grúa no podría rotar sobre alguno de los puntos de apoyo que son las ruedas, siempre y cuando la grúa esté instalada adecuadamente y no esté en movimiento. Esto quiere decir que en todo caso, podría fallar un componente de la grúa, pero esta no rotará sobre ningún punto de apoyo. Debido a que la grúa cuenta con varios accesorios y cada uno tiene un límite de carga, se puede decir que la carga máxima que puede soportar el equipo es la carga máxima que puede soportar el componente más débil. En el caso de la grúa modificada por de este proyecto, el componente menos resistente es el cabestrillo, el cual pudo soportar como máximo una carga de 182 kg (400 libras). De cualquier forma, la carga máxima recomendada para la grúa es de 113 kg (250 lb), lo que implica que probablemente una persona que pese alrededor de 400 libras no va a caber el en cabestrillo cómodamente, lo que es un indicador suficiente para saber que esa persona no debe ser movilizada con ese cabestrillo.

Ilustración 13: Carga en la grúa



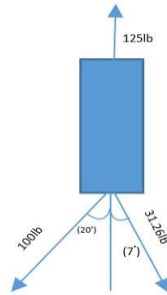
2. Cálculos de la barra separadora

a. Estática

Análisis de sección:

Los ángulos se midieron utilizando una fotografía de la grúa con las cargas

Ilustración 14: Componentes de fuerza en barra



Análisis de fuerzas se establece que la dirección en y positivo es +

$$\sum F_y = 0 \quad (1)$$

$$125 - 100 \cos(20^\circ) - 31.26 \text{ lb} (\cos 7^\circ) = 0$$

En la tensión del lado izquierdo se consideró un 80% del peso

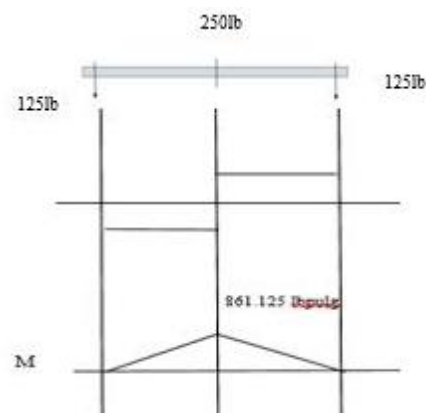
$$\sum F_x = 0 \quad (2)$$

$$-100 \sin(20^\circ) + 31.26 \sin(7^\circ) + 30.39 = 0$$

La fuerza en x de 30.39 lb es la que ocasiona flexión en la cara principal.

1) Análisis de las cargas verticales

Ilustración 15: Diagrama corte-momento para cargas verticales

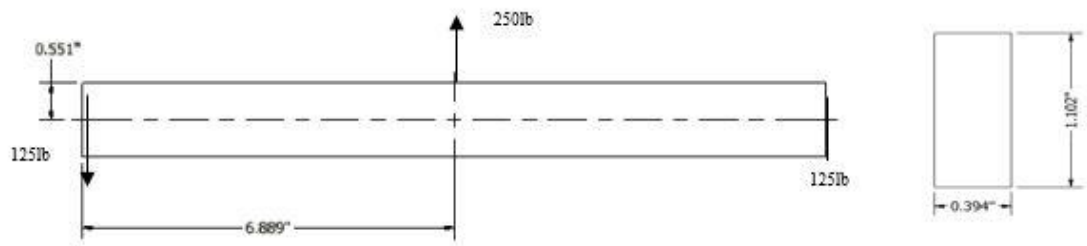


Dimensiones:

Material: Acero AISI 1020 rolando en caliente, $s_u=55000\text{psi}$, $s_y=30000\text{psi}$

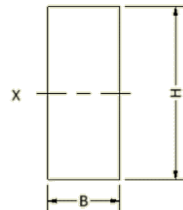
$E=30 \cdot 10^6$ psi, módulo de elasticidad del acero

Ilustración 16: Dimensiones de barra separadora con carga



Cálculos:

Ilustración 17: Nomenclatura para hallar momento de inercia



a) Momento de inercia para sección rectangular:

$$I_x = \frac{B(H^3)}{12} \quad (3)$$

$$I_x = \frac{0.394(1.102^3)}{12} = 0.0439 \text{ in}^4$$

b) Cálculo de "c": es la mitad de la altura de la sección. $H/2 = 1.102/2 = 0.551$

c) Esfuerzo de flexión: $\sigma_f = Mc/I$ (4)

$$\sigma_f = Mc/I = (861.125 \text{ lb}\cdot\text{in})(0.551 \text{ in})/0.0439 \text{ in}^4$$

$$\sigma_f = 10808.19 \text{ lb/in}^2$$

d) Esfuerzo de diseño:

Acero AISI1020 $s_y=30,000\text{psi}$ $s_u=55\text{ksi}$, se eligió utilizar el valor del factor de diseño $N=2$ debido a que es lo más recomendable para cargas dinámicas con confianza promedio en todos los datos del diseño

$$\sigma_d = \frac{s_y}{N} \quad (5)$$

$$\sigma_d = \frac{30,000}{2} = 15,000 \text{ psi}$$

$10808 < 15000$, Si se cumple que $\sigma_f < \sigma_d$ entonces es un diseño seguro

Factor de seguridad real:

$$N = \frac{s_y}{\sigma_f} = 30,000/10808.19 = 2.77$$

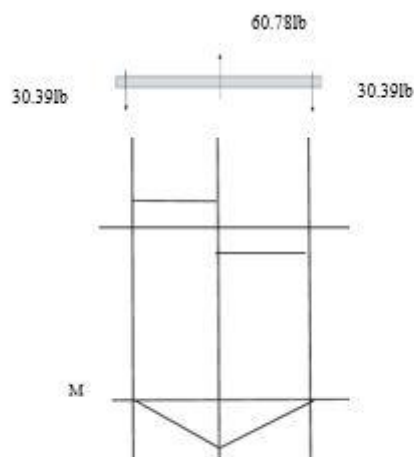
e) Cálculo de la deflexión máxima

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{48EI} \quad (6)$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-250\text{lb} * 13.778^3}{48 * (30 * 10^6) * 0.0439} = 0.010\text{in} = 0.254\text{mm}$$

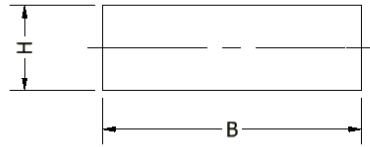
2) Análisis de cargas horizontales

Ilustración 18: Diagrama corte-momento para cargas verticales



a) Cálculo de momento de inercia

Ilustración 19: Nomenclatura para hallar momento de inercia



$$B=1.102\text{in} \quad H=0.394\text{in}$$

$$I_x = \frac{B(H^3)}{12}$$

$$I_x = \frac{1.102(0.394^3)}{12} = 0.0056 \text{ in}^4$$

b) Cálculo de "c": $c=H/2 = 0.394/2=0.197\text{in}$

c) Cálculo del esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = Mc/I = (209.360\text{lb}\cdot\text{in})(0.197\text{in})/0.0056\text{in}^4$$

$$\sigma_f = 7364.87\text{psi}$$

d) Esfuerzo de diseño:

Acero AISI1020 $s_y=30,000\text{psi}$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{30,000}{2} = 15,000 \text{ psi}$$

$7364.87 < 15000$, Si se cumple que $\sigma_f < \sigma_d$ entonces es un diseño seguro

Factor de seguridad real:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_f} = 30,000/7364.87 = 4.07$$

e) Cálculo de la deflexión máxima

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{48EI}$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-60.78\text{lb} * 13.778^3}{48 * (30 * 10^6) * 0.0056} = 0.02\text{in} = 0.50\text{mm}$$

b. Esfuerzos normales fluctuantes. Para este cálculo se asumieron las distancias entre cadenas que soportan las piernas. Este es el caso en el que una persona está completamente sentada sobre el cabestrillo y solo las cadenas de los extremos soportan toda la carga. Se asume que el modo principal de falla es por esfuerzo flexionante.

Ilustración 20: Dimensiones para análisis de esfuerzos fluctuantes

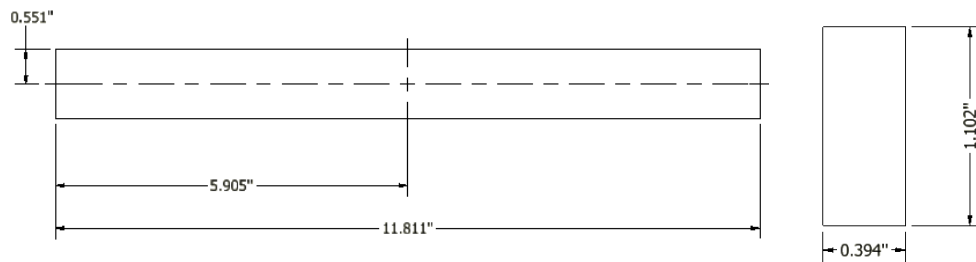
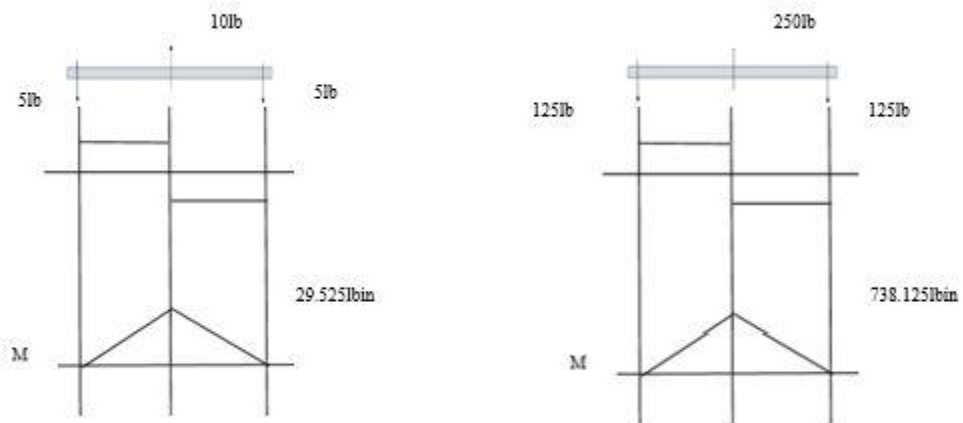


Ilustración 21: Diagrama corte-momento para cargas



Ecuaciones de esfuerzos medios y alternativos

$$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 \quad (7)$$

$$\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 \quad (8)$$

$$\sigma_m = M_m/S \quad (9)$$

$$\sigma_a = M_a/S \quad (10)$$

Momentos flexionante medio y alternativo

$$M_m = (M_{\max} + M_{\min})/2 \quad (11)$$

$$M_a = (M_{\max} - M_{\min})/2 \quad (12)$$

Factor de diseño para cargas fluctuantes

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{su} + \frac{\sigma_a}{s'n} \quad (13)$$

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma_m}{su} + \frac{Kt * \sigma_a}{s'n} = \frac{Mm}{S * su} + \frac{Kt * Ma}{S * s'n} = \frac{1}{S} \left[\frac{Mm}{su} + \frac{Kt * Ma}{s'n} \right]$$

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{S} \left[\frac{Mm}{su} + \frac{Kt * Ma}{s'n} \right] \text{ (Robert L. Mott, 2006)}$$

1) Cálculo de momentos flexionante medio y alternativo

$$M_m = (29.525 + 738.125)/2 = 383.825 \text{ lbin}$$

$$M_a = (29.525 - 738.125)/2 = 354.300 \text{ lbin}$$

2) Cálculo de resistencia de fatiga del material bajo condiciones reales s'_n :

$$s'_n = (C_m)(C_{st})(C_R)(C_s)s_n \text{ (Robert L. Mott, 2006)} \quad (14)$$

Las tablas donde se encuentran los valores de C_m , C_{st} , C_R , C_s y s_n se pueden encontrar en Anexo V.

$$S'_n = 20 \text{ ksi}$$

$$C_m = 1, \text{ para acero forjado y laminado en caliente}$$

$$C_{st} = 1, \text{ para esfuerzos de flexión repetido}$$

$$C_R = 0.81 \text{ para confiabilidad de } 0.99$$

$$C_s = 0.95, \text{ para el factor de tamaño utilizando diámetro equivalente para sección rectangular.}$$

$$D_e = 0.808 \sqrt{hb} = 0.5324''$$

$$s'_n = (1)(1)(0.81)(0.95)(20000 \text{ psi}) = 15,390 \text{ psi}$$

3) Cálculo de K_t :

En Anexo V se puede encontrar la tabla para valores de K_t y recomienda que $K_t = 1$ si $d/w < 0.5$ siendo d el diámetro del agujero en la placa y w la altura. Los agujeros son de 11 mm (0.43 in), y la altura es 1.102 in, por lo tanto $0.43/1.102 = 0.39 < 0.5$.

4) Cálculo del módulo de sección

$$\text{Para secciones rectangulares, } S = \frac{b * h^2}{6} \quad (15)$$

$$S = \frac{0.43 \cdot 1.102^2}{6} = 0.087 \text{ in}^3$$

Módulo de sección tomando en cuenta el agujero:

$$S = \frac{0.43 \cdot (1.102^3 - 0.4^3)}{6(1.102)} = 0.0828$$

5) Cálculo del factor de seguridad

Despejando de la ecuación para N se tiene que

$$N = \frac{S}{\left[\frac{Mm}{su} + \frac{Kt \cdot Ma}{s'm} \right]} = N = \frac{0.087}{\left[\frac{383.83}{55000} + \frac{1 \cdot 354.3}{15390} \right]} = 2.89$$

Con el agujero:

$$N = \frac{0.0828}{\left[\frac{383.83}{55000} + \frac{1 \cdot 354.3}{15390} \right]} = 2.76$$

6) Cálculo de deflexión:

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{48EI} \quad (16)$$

$$I_x = \frac{0.394(1.102^3)}{12} = 0.0439 \text{ in}^4$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-250 \text{ lb} \cdot 11.81^3}{48 \cdot (30 \cdot 10^6) \cdot 0.0439} = 0.006 \text{ in} = 0.16 \text{ mm}$$

Deformación permisible para máquinas:

y/L de 0.005 a 0.003 pulg/pulg de longitud de viga

y/L = 0.006 pulg / 11.81 pulg = 0.000508 pulg/pulg de longitud

Esto significa que si cumple con la condición de y/l mínima.

7) Cálculo de agujeros

Se debe asegurar que los agujeros sean seguros contra el aplastamiento. Para agujeros en materiales metálicos, el esfuerzo máximo permisible es $\sigma_{bd} = 0.9s_y$ (17)

$$\sigma_{bd} = 0.9 \cdot 30000 \text{ psi} = 27000 \text{ psi}$$

El esfuerzo en el pasador es: $\sigma_b = \frac{F}{D_p \cdot b}$ (18) en donde F es la fuerza aplicada, $D_p \cdot b$ es el área

$$\text{proyectada del orificio. } \sigma_b = \frac{250}{0.43 \cdot 0.394} = 1475.6 \text{ psi}$$

De lo anterior se puede determinar que $\sigma_b < \sigma_{bd}$, por lo tanto el orificio es muy seguro contra aplastamiento

$$\text{Factor de seguridad real: } N = 30,000 / 1475.6 = 20.33$$

c. CAE:

- Barra separadora: Inicialmente se quiso replicar el diseño de las barras separadoras vistas en las grúas *Invacare*, como la que se observó en el hospital Roosevelt. En el software se hicieron pruebas del componente con fuerzas colocadas simulando que el paciente estuviera siendo levantado tanto sentado, como acostado. Los componentes de tensión se determinaron utilizando una balanza de resorte mientras la grúa con el cabestrillo instalado tenía una carga de 113kg (250lb) aplicada. Con el software se determinó que con una carga de 113kg (250lb) el factor de seguridad era de 0.63, lo que indica que el material fallaba. Manteniendo la misma geometría se decidió variar el espesor y se determinó que con un espesor de 10mm, la barra separadora soportaba 113kg (250lb), con un valor de factor de seguridad de 3. Del software se obtuvieron planos para luego mandar a fabricar la barra separadora a un taller de herrería.

Ilustración 22: Simulación de desplazamiento en barra separadora en Autodesk Simulation Mechanical 2014

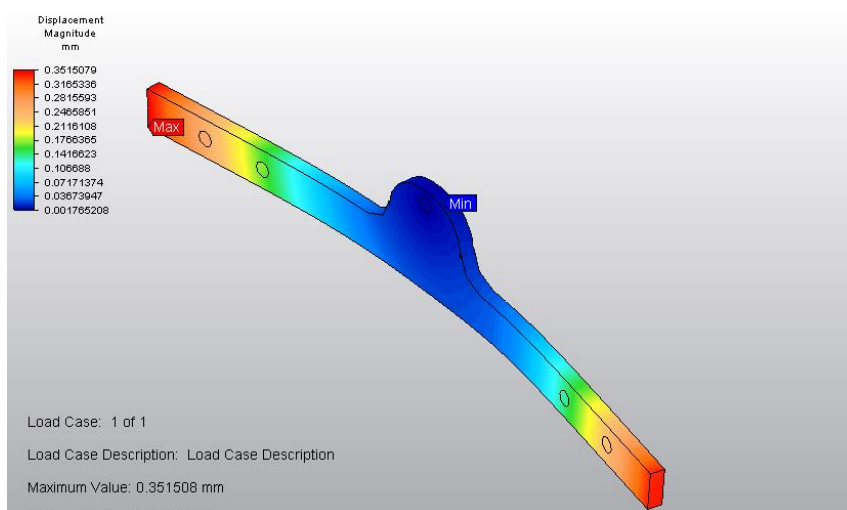


Tabla 6: Resultados de simulación de cargas en barras separadoras

Espesor(mm)	Posición	Factor de seguridad	Deformación máxima (mm)
5	sentada	1.4	5
5	acostada	0.68	13
10	sentada	3	0.4
10	acostada	1.8	0.98

3. Cálculos de estructura principal

Análisis de fuerzas y reacciones en la grúa

a. Deflexión de poste

Tubo estructural cuadrado de 2X2X1/4'' E=30*10⁶ psi, módulo de elasticidad del acero, I=0.766in⁴ (anexo V)

Esfuerzo máximo:

$$\sigma_f = Mc/I$$

$$C=1$$

$$M= 250lb*16.5in = 4125lbin$$

$$\sigma_f = (4125lbin)(1in)/0.766in^4 = 5385psi$$

$$\sigma_f = 5385psi$$

Desplazamiento máximo:

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-PL^3}{3EI}$$

$$Y_{\text{máx}} = \frac{-250lb*16.5^3}{3*(30*10^6)*0.766} = 0.0163in = 0.413mm$$

Deformación permisible para máquinas:

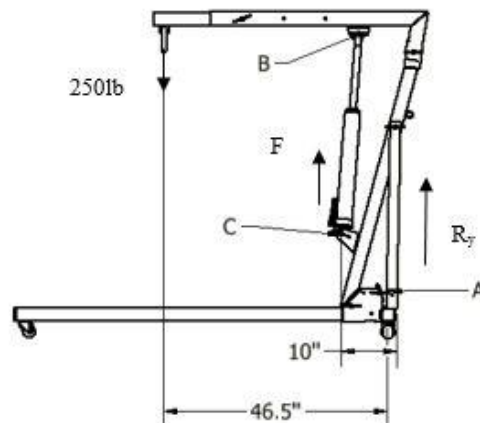
y/L de 0.005 a 0.003 pulg/pulg de longitud de viga

$$y/L = 0.016pulg/16.5pulg = 0.000969 \text{ pulg/pulg de longitud de viga}$$

Esto significa que si cumple con la condición de y/l mínima.

b. Cálculo de pernos principales

Ilustración 23: Diagrama de cuerpo libre de la grúa



$$\Sigma_{ix}=0, R_x=0$$

$$\Sigma_{iy}=0$$

$$-250\text{lb}+F-R_y=0$$

$$\Sigma M_a=0$$

$$-250(46.5)-F(10)=0, \text{ despejando para } F, F=250(46.5)/10 = 1162.5 \text{ lb}$$

Al realizar la sustitución para encontrar R_y , se tiene: $R_y = [250(46.5)/10]-250$

$$R_y=912.5\text{lb}$$

Cálculo de perno A:

Para calcular el esfuerzo de corte en un perno se utiliza la siguiente ecuación en la que está indicado $2A_s$ debido a que está sometido a doble corte.

$$\sigma_c = \frac{F}{2A_s} \quad (19)$$

El esfuerzo de diseño se utiliza con un factor de diseño de 2 que es el que se ha utilizado en todo el equipo.

$$\sigma_d = s_y/2N \text{ en donde } s_y=30000\text{psi}, N=2, \text{ entonces } \sigma_d=30000/2*2 = 7500\text{psi}$$

El esfuerzo al que está sometido el perno A es:

$$\sigma_c = \frac{912.5}{2(0.312)} = 1464\text{psi}$$

De los anteriores cálculos se puede determinar que $\sigma_c < \sigma_d$ por lo tanto el diseño es seguro.

Factor de seguridad real:

$$N=30,000/1464 = 20.5$$

Cálculo del perno B y C (cilindro):

$$\sigma_c = \frac{1162.5}{2(0.312)} = 1863\text{psi}$$

$$\sigma_d=30000/2*2 = 7500\text{psi}$$

De los anteriores cálculos se puede determinar que $\sigma_c < \sigma_d$ por lo tanto el diseño es seguro.

Factor de seguridad real:

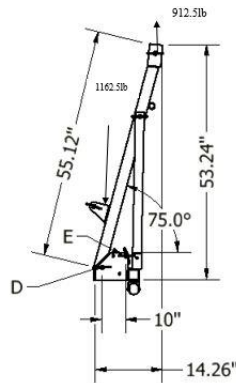
$$N=30,000/1863 = 16.1$$

c. Cálculo de pasadores removibles

Ahora se quiere analizar los dos pasadores críticos que son los removibles para retraer las patas de la grúa.

Analizando para el punto D:

Ilustración 24: Diagrama de cuerpo libre de parte trasera de grúa



$$\Sigma M_D = 0$$

$$-E_y(10) + (912.5)(14.266) = 0$$

$$E_y = 1301.77 \text{ lb}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$912.5 - E_y + D_y - F = 0$$

$$D_y = 1551.77 \text{ lb}$$

Analizando para el pasador en D:

$$\sigma_d = 30000 / 2 * 2 = 7500 \text{ psi}$$

$$\sigma_c = \frac{1551.77}{2(0.312)} = 2487 \text{ psi, pero como esto se reparte en dos pasadores idénticos (uno por cada pata), el}$$

esfuerzo que soporta cada perno con la carga de 250 lb es $2487/2 = 1243 \text{ psi}$

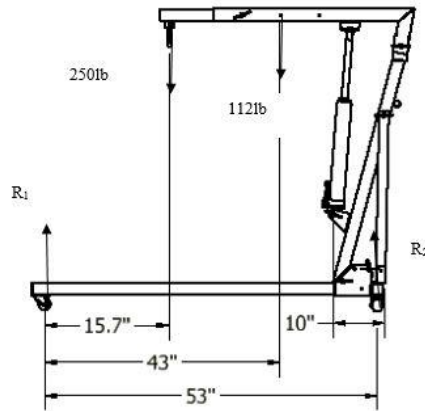
De los anteriores cálculos se puede determinar que $\sigma_c < \sigma_d$ por lo tanto el diseño es seguro.

Factor de seguridad real:

$$N = 30,000 / 2487 = 12$$

d. Cálculo de reacciones en apoyos

Ilustración 25: Diagrama de cuerpo libre de la grúa para apoyos



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 - 250 - 112 = 0$$

$$R_1 + R_2 = 362 \text{ lb}$$

$$\Sigma M_{R_1} = 0$$

$$= -250(15.7) + 112(43) + R_2(53) = 0$$

$$R_2 = [-250(15.7) + 112(43)] / 53$$

$$R_2 = 164.92 \text{ lb}$$

$$\Sigma M_{R_2} = 0$$

$$112(10) + 250(37.3) - R_1(53) = 0$$

$$R_1 = [112(10) + 250(37.3)] / 53$$

$$R_1 = 197.08 \text{ lb}$$

Cálculo de pasadores de las ruedas:

Como son 4 ruedas en total, se tiene que cada rueda va a soportar la mitad de la reacción, así que para las ruedas delanteras, la fuerza F es $R_1/2$ y para las traseras $R_2/2$.

El diámetro de pasador de cada rueda es: 7.5 mm o 0.295 in, y el área es 0.068 in^2

Fuerza que somete a corte los pasadores de las ruedas delanteras (R_1), $R_1/2 = 197.08/2 = 98.54 \text{ lb}$

$$\sigma_d = 30000 / 2 * 2 = 7500 \text{ psi}$$

$$\sigma_c = \frac{98.54}{2(0.068)} = 720 \text{psi}$$

Para las ruedas traseras: $F = R_2/2 = 164.92/2 = 82.46 \text{lb}$

$$\sigma_c = \frac{82.46}{2(0.068)} = 606 \text{psi}$$

De los anteriores cálculos se puede determinar que $\sigma_c < \sigma_d$ por lo tanto el diseño es seguro.

Factor de seguridad real de pasadores de ruedas delanteras

$$N = 30,000/720 = 41.66$$

Factor de seguridad real de pasadores de ruedas traseras:

$$N = 30,000/606 = 49.5$$

e. Análisis hecho con *Autodesk Simulation Mechanical 2014*

- Poste principal: Para el análisis del poste principal, se tomaron todas las medidas de la grúa y se modeló en *Autodesk Inventor*, para luego pasar a *Autodesk Simulation Mechanical* para hacer pruebas de simulación. El poste se analizó con diferentes cargas de 150 lb, 250 lb y 500 lb. Lo anterior con el propósito de dar certeza que el diseño puede soportar la carga máxima que se recomienda para la grúa adaptada para levantar pacientes (250 lb). Se encontró que para la carga de 150 lb el factor de seguridad es de 5, para 250 lb es de 3 y para 500 lb que es la carga máxima de la grúa en esa posición, es de 1.5

Ilustración 26: Simulación de desplazamiento de poste principal con 250lb

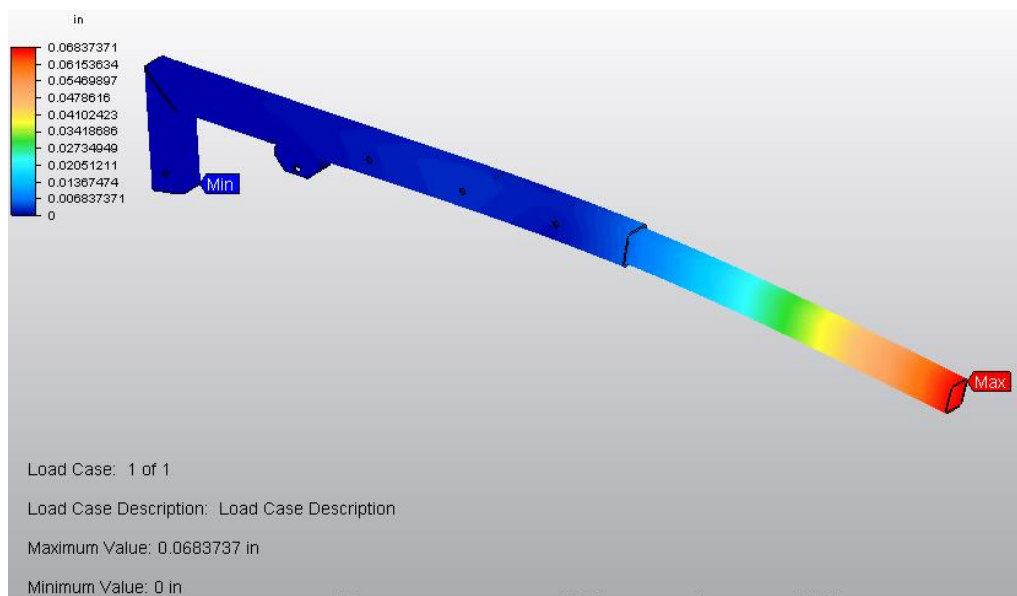


Ilustración 27: Esfuerzos en viga principal para 250lb

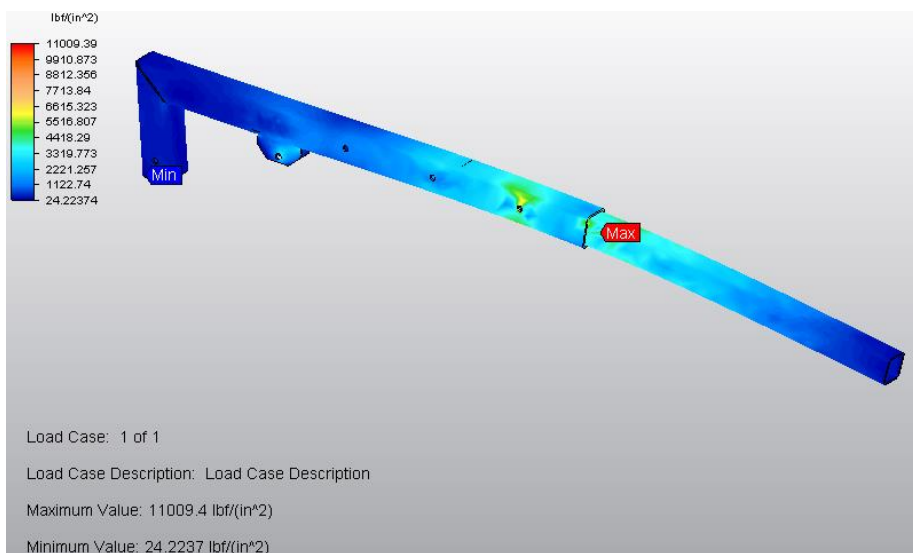


Tabla 7: Resultados de simulación de cargas en el poste principal

Carga(lb/kg)	Factor de seguridad	Deformación máxima(mm)
150/68	5	1
250/114	3	1.7
500/227	1.5	3.4

4. Límites de carga de componentes (indicado por fabricante). Todos los componentes que se adquirieron tenían especificada una carga máxima de trabajo. Este es un dato muy importante que hay que conocer cuando se realiza una instalación, especialmente si va a involucrar la movilización de personas. Es importante notar que la resistencia indicada no sea la última, o la de fractura, debido a que el fabricante también maneja factores de seguridad para lo que fabrican y recomiendan. Debido a que habría que realizar pruebas destructivas para cada componente para hallar su resistencia última, se tomaron los valores máximos recomendados por el fabricante para hallar un factor de seguridad. Es importante notar que la carga máxima de la grúa en la posición utilizada es de 250 kg (con el poste y pasador colocados en la posición de 250 kg, de otra forma la grúa soporta hasta 1000 kg).

Tabla 8: Límites de carga recomendados por fabricante

Componente	Marca	Carga Máxima
Grúa	CraneShop	1000 kg
Cilindro hidráulico	CraneShop	3000 kg
Cadena de barra separadora(10mm)	ACE	408 kg
Cadenas de cabestrillo	ACE	362 kg
Uniones Mosquetón	Fiero	230 kg
Balanza de resorte	Engel	150 kg
Cabestrillo	No especificado	136 kg

5. Método de acumulación de daños. Debido a que una grúa de movilización de pacientes está sometida a cargas y ciclos variables a lo largo de un tiempo considerable, el método más recomendable es el de acumulación de daños. Para este método lo ideal es contar con un historial de cargas y número de ciclos para poder determinar el daño acumulado en un elemento que ha estado en servicio por un largo tiempo. De no contar con historial puede ser válido asumir las diferentes cargas basadas en el conocimiento de la utilización de la estructura. El daño debido a una carga está dado por $D_i = n_i / N_i$, (20) en donde n_i es el número de ciclos que se ha aplicado una carga y N_i son los ciclos de vida. Los ciclos de vida o número de ciclos a la falla se pueden determinar a partir de la gráfica de resistencias a la fatiga representativas (ver anexo V). Si el esfuerzo producido es menor al valor de s'_n calculado para una varilla de acero pulido entonces dichas cargas no contribuyen al daño del elemento.

$$s'_n = (C_m)(C_{st})(C_R)(C_s)s_n = 56900\text{psi}$$

$$S_n = 74\text{ksi para acero pulido}$$

$$C_m = 1, \text{ para acero forjado y laminado en caliente}$$

$$C_{st} = 1, \text{ para esfuerzos de flexión repetido}$$

$$C_R = 0.81 \text{ para confiabilidad de } 0.99$$

$$C_s = 0.95, \text{ para el factor de tamaño utilizando diámetro equivalente para sección rectangular.}$$

Si se calculara utilizando el valor de S_n para acero laminado en caliente, sería un cálculo mucho menos exacto debido a que todas las ecuaciones para acumulación de daños y esfuerzos fueron hechas utilizando especímenes de acero pulido de sección circular. De igual forma se puede calcular de la siguiente forma:

$$S_n = 20 \text{ksi}$$

$C_m = 1$, para acero forjado y laminado en caliente

$C_{st} = 1$, para esfuerzos de flexión repetido

$C_R = 0.81$ para confiabilidad de 0.99

$C_s = 0.95$, para el factor de tamaño utilizando diámetro equivalente para sección rectangular.

$$S'_n = (1)(1)(0.81)(0.95)(20000 \text{psi}) = 15,390 \text{psi}$$

El esfuerzo máximo encontrado en la viga 2''X 2'' que soporta la carga, el esfuerzo máximo es de 11000 psi que se determinó por medio de un programa CAE. El esfuerzo de 11ksi no contribuye a la acumulación de daños debido a que es un valor menor a $s'_n = 15,390 \text{psi}$, y es mucho menor que $s'_n = 56900 \text{psi}$ que es el valor para acero pulido. Si se toma solo el esfuerzo que toma la viga principal que soporta la carga, el esfuerzo máximo en esta (con 250lb) es de 5,385psi, lo cual está por debajo de ambos valores de s'_n y no existe daño acumulado.

Los diagramas esfuerzo-número de ciclos que se utilizan para estos cálculos fueron construidos con especímenes de acero pulido de entre 0.2 y 0.3 pulgadas de diámetro. Si el miembro que se está diseñando está entre esos tamaños, el análisis puede ser útil, pero si el elemento es más grande, el método no es completamente exacto. (Pilkey, 1997)

6. Pruebas destructivas

a. Cabestrillo. Debido a que el cabestrillo no tenía una especificación clara de la carga máxima que soporta, se tuvo que hacer una prueba para poder determinar el peso máximo que puede soportar el cabestrillo. Para esta prueba se preparó la grúa con todos los accesorios como si fuese para cargar a una persona. Utilizando sacos de cemento de masa conocida (45.5Kg) se procedió a cargarlos con el objetivo de cargar la mayor cantidad que se pudiera hasta que alguna parte del cabestrillo fallara. Se determinó que en 400 libras (182kg) falló el cabestrillo en uno de sus soportes. Se determinó que falló debido a la interacción cabestrillo-barra de soporte.

Ilustración 28: Tela de cabestrillo que falló

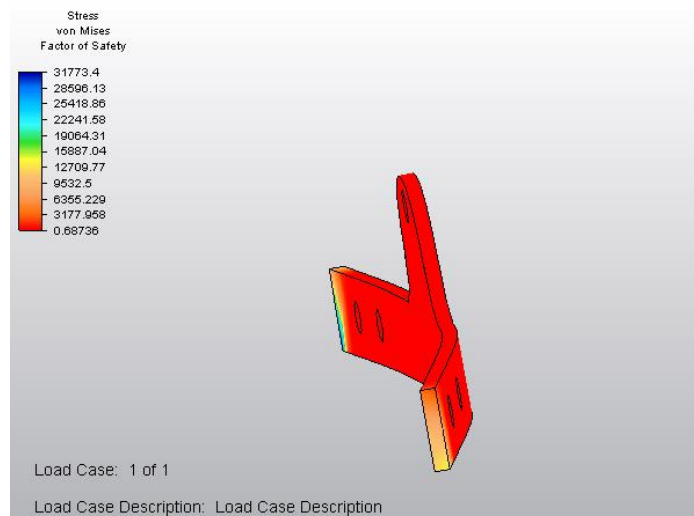


b. Barra separadora. Inicialmente se mandó a hacer una barra separadora de 5mm de espesor a una herrería. Esta se sometió a pruebas con distintas cargas para corroborar que el material fallaba de la forma que lo hacía en el programa de simulación. A la barra separadora se le colocaron tres cargas, una de 150lb, una de 200lb y otra de 250lb. Las tres pruebas se realizaron con todo el equipo instalado en la grúa, con la balanza, y con masas hasta alcanzar los valores deseados. La barra soportó las cargas de 150 y 200lb, pero falló con la de 250lb. La barra separadora prototipo falló por flexión principalmente en la parte central. La barra quedó permanentemente deformada ante esa carga, tal y como se esperaba de lo visto en la simulación, la cual indicaba que ante una carga de 250lb, tenía un factor de seguridad de 0.63.

Ilustración 29: Fotografía de barra de 5mm después de las pruebas



Ilustración 30: Resultado de análisis en CAE con la misma carga aplicada



7. Límites de carga de grúa y componentes. A continuación se presentan los valores máximos de carga que puede soportar cada componente. Adicionalmente se muestra el factor de seguridad que se tiene si se utiliza la carga máxima recomendada de la grúa de 250lb (113kg).

Tabla 9: Valores de resistencias máximas y factores de seguridad de componentes utilizados

Componente	Carga Máxima	Carga límite recomendada	Factor de seguridad (con carga de 250lb)
Grúa	1000 kg	113kg/250lb	8.8
Cilindro hidráulico	3000 kg	113kg/250lb	27
Cadena de barra separadora(10mm)	408 kg	113kg/250lb	3.6
Barra separadora	340 Kg	113kg/250lb	3
Cadenas de cabestrillo	362 kg	113kg/250lb	3.2
Uniones Mosquetón	230 kg	113kg/250lb	2
Cabestrillo	182 Kg	113kg/250lb	1.6
Balanza de resorte	150 kg	113kg/250lb	1.3

I. PLANOS E INSTRUCCIONES DE CONSTRUCCIÓN

En anexos se puede encontrar el instructivo de construcción. El instructivo presenta de forma simple los materiales que se deben adquirir para llevar a cabo la adaptación de una grúa de motores igual a la de este proyecto. El instructivo tiene indicadas las características que debe tener cada componente a comprar al igual que planos para la manufactura de piezas como la barra separadora. Adicionalmente se agregó una lista de proveedores con dirección y número telefónico para que sea más fácil la compra de dichos materiales. (Anexo II)

J. INSTRUCCIONES DE UTILIZACIÓN

El instructivo de utilización es una de las partes más importantes del proyecto por varias razones. La primera razón es que leer un instructivo va a evitar la mala utilización del equipo, lo que significa que se evitan riesgos para la persona que opera la grúa y para la persona que está siendo movilizada. La segunda razón, es que la guía también provee indicaciones para revisar periódicamente el estado de los componentes de la grúa; lo que se traduce de nuevo a seguridad para paciente y cuidador. Finalmente la guía provee una lista de precauciones que hay que tomar con la utilización de la grúa de movilización de pacientes. Estas precauciones son muy importantes ya que de no tomarse en cuenta puede llegar a ocurrir un accidente. El instructivo puede ser utilizado para cualquier grúa de movilización de pacientes, siendo necesarios algunos cambios si es que cambia algún componente del equipo. El instructivo puede servir como material de apoyo para capacitación de personal que va a movilizar pacientes con una grúa. Es muy importante este tipo de manuales ya que la seguridad del paciente es de suma importancia. (Anexo III)

IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. ENTREVISTAS

Las entrevistas a personal de enfermería, doctores y gerocultores fue la fuente de información más valiosa que se tuvo en este proyecto. Se encontró mucha más información útil de las personas al conversar con ellas que las preguntas guía que respondieron. Se encontró que la característica que es más deseada fue que la grúa se pudiera reducir de tamaño para pasar por puertas y para almacenarla. Por otro lado, se encontró que muchas personas no conocían de la existencia de este tipo de grúas. Una vez se les presentó y explicó lo que es una grúa de movilización de pacientes, pudieron ver los beneficios que les traería tener un equipo de esta naturaleza. De los lugares visitados, se determinó que el hogar San Vicente de Paul Zona 5 es el más adecuado para contar con una grúa debido a las instalaciones y porque es donde más necesidad existe de movilizar pacientes.

B. MEDIDAS

El proceso de tomar medidas en los hospitales públicos y privados fue de mucha importancia para el proyecto. La importancia se debe a que las medidas limitarían las grúas sobre las cuales se podrían hacer las adaptaciones. Las medidas del ancho y alto de las entradas a los elevadores resultó ser de las más importantes, porque, según el personal de los hospitales, puede ser requerido para transportar la grúa a otra área o para almacenarla en otro nivel del edificio.

De las medidas mínimas que se encontraron en los hospitales se puede observar que la grúa es apta para todas excepto el salón de encamamiento promedio en el hospital San Juan de Dios, en donde el espacio es muy reducido para pasar la grúa tomando en cuenta su ancho mínimo (completamente retraída). En los centros de asistencia al adulto mayor, se encontró que en los tres lugares visitados, los espacios son suficientemente amplios para una grúa de movilización de pacientes. En el Jardín de los Abuelitos, mencionaron que una grúa de movilización podría llegar a ser útil en algún momento, pero actualmente no tienen necesidad de dicho equipo debido a que todas las personas que llegan al lugar son capaces de movilización propia. Se encontró que en el hogar San José de la Montaña sí existe necesidad de un equipo de movilización, pero las instalaciones dificultan el uso de dicho equipo. Se determinó que el lugar ideal para tener una grúa de movilización de pacientes es en el hogar San Vicente de Paul Zona 5. En este lugar se observó que es donde existe mayor necesidad de un equipo de movilización ya que cuentan con 30 residentes que no se pueden movilizar por medios propios. Adicionalmente es el lugar con dimensiones aptas para el uso de la grúa adentro de las habitaciones, sanitarios y corredores. La grúa del presente trabajo de graduación si puede ser utilizada adecuadamente en los centros de atención al adulto mayor.

C. DISEÑO

Se pudo demostrar por medio de un programa de simulación, el comportamiento de los componentes bajo una carga, que luego se confirmó con ensayos y por medio analítico. Con los ensayos que se hicieron en la grúa utilizando masas, se determinó que el equipo es seguro de utilizar para movilizar personas. Se determinó que el componente más débil del equipo es el cabestrillo, el cual en las pruebas se fracturó con una carga de 400 libras. Con los análisis y ensayos que se hicieron se pudo determinar que el peso máximo recomendado para la grúa es de 113kg (250lb). Por aparte de la limitante del peso, se escogió dicho límite debido al tamaño del cabestrillo, el cuál puede resultar sumamente incómodo en pacientes de mayor peso y por lo tanto de mayor tamaño. De los análisis por medio analítico, CAE, y pruebas destructivas se puede asegurar que la grúa es un equipo seguro. Los resultados del factor de seguridad fueron 2.77 para el análisis estático, 2.76 para el de cargas fluctuantes y 3 para el análisis hecho en Autodesk Simulation Mechanical. Se pudo comprobar que todos los componentes de la estructura principal como poste y pines son seguros, siendo el pasador removible el menor con un factor de seguridad de 12 y los pasadores de las ruedas los más altos con un factor de seguridad de 49.5. El método indicado para analizar estructuras con cargas y ciclos variables es el método de acumulación de daños pero debido a que los esfuerzos producidos son muy bajos, ninguna de las cargas recomendadas para la aplicación contribuye al daño de la estructura.

Se consiguió una grúa la cual es completamente plegable, haciéndola mucho más versátil para espacios reducidos y almacenamiento, lo cual hizo que cumpliera con lo que la mayoría de los entrevistados sugirieron. Una de las desventajas que se encontraron en el diseño es el peso del equipo. Comparado con las grúas que se venden en Guatemala (que son de menor tamaño) la grúa de este proyecto es más pesada, mas sin embargo, tiene un peso similar a una de las grúas que se cotizó en Estados Unidos, la cual pesaba 1071lb (la de este proyecto 120lb).

Con respecto a los accesorios, se compraron todos en Guatemala, lo cual era un requisito indispensable. Esto era un requisito indispensable debido a que si llega a ser necesario cambiar una cadena o cabestrillo por ejemplo, se pueden conseguir con rapidez y facilidad.

D. CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES:

Debido a que en Guatemala el único requisito importante es que tenga un manual de utilización, se puede concluir que si cumple con lo que piden los hospitales en Guatemala. La grúa si cumple con algunos principales requisitos y normas internacionales.

NSS/GO-1740.9B: Cumple con el requisito indicado en esta norma de tener las indicaciones claras de la capacidad máxima de carga. También cumple con el requisito principal de la norma que es poder soportar 125% del peso máximo aceptable indicado por la grúa. No cumple con otras normas debido a que son normas acerca de estándares de producción y calidad constante.

ASME/ANSI B30.16: cumple con el requisito principal de ser capaz de soportar 125% de la carga máxima indicada en el equipo. Adicionalmente cumple con las etiquetas de carga máxima necesarias, e instructivo de utilización.

ANSI/AAMI/ISO 15223-1:2007: esta norma es específicamente para la rotulación de equipos y manuales de uso. La grúa del proyecto cumple con tener la rotulación necesaria.

De todas las normas internacionales que existen, sería un proceso complicado conseguir que una grúa sea aprobada para su uso con pacientes en hospitales de Estados Unidos o Europa. Debido a que en Guatemala las normas no son tan estrictas, o en todo caso son voluntarias, sería un proceso más simple llevar este tipo de equipos a hospitales nacionales y privados de Guatemala. En los hogares de cuidado al adulto mayor sería aún más simple debido a que estas organizaciones no necesariamente se rigen por normas que deben utilizar los hospitales. Los hogares de ancianos solo requieren de que se provea un manual de utilización del equipo y que haya disponibilidad de repuestos y mantenimiento de parte del proveedor.

De los hogares de cuidado al adulto mayor que se visitaron, se pudo observar que únicamente el hogar San Vicente de Paul Zona 5 cumple con todas las dimensiones y requerimientos de dimensiones y espacios en las instalaciones. Esto al mismo tiempo es lo que hace que sea fácil poder movilizar una grúa para pacientes dentro de las instalaciones.

E. COSTO DE LA GRÚA:

Mantener un costo menor a Q2, 500 fue uno de los objetivos del proyecto. Mantener el costo por debajo de ese límite fue difícil dado que no se puede sacrificar la seguridad de las personas que van a utilizar la grúa por mantener un bajo costo. Al hacer la compra de materiales, se buscaron materiales de

buena calidad, y se compraron en distribuidoras como Didelasa para mantener el costo lo más bajo posible. Lo más caro del proyecto fue la grúa de motores (Q1484.20) y el Cabestrillo que se compró en CORMED (Q400.00). A pesar de que estos dos artículos fueron los más caros del proyecto, su precio es relativamente bajo cuando se ve el costo total final de proyecto, el cual es bajo en comparación con el precio de las grúas de uso médico que ya se pueden encontrar en Guatemala. La comparación se puede hacer incluso si se quisiera obtener una ganancia de 100% sobre el costo de la grúa el precio sería de Q4, 732.60, un precio que aún está Q1, 767.40 por debajo de la grúa de movilización de pacientes más barata que se encuentra en Guatemala que cuesta Q6, 500.00.

Ilustración 31: Grúa terminada



X. CONCLUSIONES

1. Se adaptó una grúa de levantamiento de motores de combustión interna, con capacidad de una tonelada, marca Shop Crane, modelo SC01, para ser utilizada como equipo de movilización de pacientes en hospitales y centros de atención al adulto mayor. Dentro de los cambios necesarios para la adaptación de la grúa, fue necesario hacer implementaciones de tipo estructural, de funcionamiento al medio de operación y consideraciones de costo.
2. Dentro de las adaptaciones de tipo estructural efectuadas, se diseñó y construyó una barra separadora de acero AISI1020 rolado en caliente, con el propósito de acomodar de forma segura al paciente, y adjunto se diseñó un sistema de unión por medio de cadenas de 3/16", entre la barra separadora y el cabestrillo que sujeta al paciente.
3. En Guatemala no hay normativa gubernamental oficial vigente a la fecha, que regule el diseño y manufactura de equipos de movilización de pacientes.
4. El factor de seguridad de la grúa adaptada es de 1.6, tomando como carga máxima 250 libras. Dicho valor se encontró al realizar pruebas destructivas para el cabestrillo y barra separadora. Se determinó que el cabestrillo falla críticamente al tener una carga de 400 libras mientras que los otros componentes (cadenas, barra separadora, mosquetones y grúa) tienen capacidad de soportar al menos 500 libras.
5. Por medio del método analítico de esfuerzos fluctuantes se determinó que el factor de seguridad de la barra separadora es de 2.76, dato, el cual se confirmó con el software Autodesk Simulation Mechanical 2014.
6. Se compró y adaptó la grúa de levantamiento de motores utilizando materiales y accesorios disponibles en el mercado de Guatemala, teniendo un costo final de Q 2,366.30. Entre los accesorios se encuentra el cabestrillo, el cual se decide incluir en el costo, debido a que las grúas de uso médico disponibles en Guatemala incluyen al menos un cabestrillo.
7. Con respecto a instructivos y guías de grúas de movilización de pacientes disponibles en Guatemala, se encontró que dichas grúas no se comercializan con un instructivo de uso seguro y operación, por lo que fue necesario crear uno, basándose en el instructivo de movilización segura de pacientes de FDA.
8. La toma de medidas de corredores, puertas de acceso y habitaciones en los centros de atención al adulto mayor, Jardín de los abuelitos, San José de la montaña y San Vicente de Paúl, demostró que únicamente el hogar San Vicente de Paúl tiene la infraestructura adecuada para disponer y utilizar una grúa de movilización de pacientes como la que se diseñó, de los centros de cuidado al adulto mayor visitados.
9. Al medir corredores, puertas de acceso y habitaciones en los hospitales nacionales San Juan de Dios, Roosevelt, al igual que en los privados El Pilar, Centro Médico y Herrera Llerandi se encontró que tienen infraestructura adecuada y recurso humano para utilizar una grúa de movilización de personas. Sin embargo se encontró que el hospital Roosevelt es el único hospital de los que se visitaron que cuenta con una grúa para movilización de pacientes.

XI. RECOMENDACIONES

1. Diseñar y fabricar cabestrillos adicionales, para acomodar en posiciones especiales, según la necesidad que presenten los pacientes. Se recomienda que uno de ellos sea de una talla más grande para dar cabida a pacientes que tengan un peso cercano a las 250 libras.
2. Diseñar y manufacturar otro tipo de barra separadora, con el objetivo de adaptar la grúa para movilizar personas con pesos mayores a 250 libras de una forma cómoda y segura, para aprovechar la capacidad de la grúa.
3. Cambiar las ruedas traseras de la grúa, por otras que dispongan de un mecanismo de freno, si se presentara el caso de movilizar personas en áreas con pendiente.
4. Cambiar a futuro las ruedas originales de la grúa, por otras ruedas con recubrimiento de poliuretano, para facilitar el manejo por parte del personal de enfermería, y proporcionar más comodidad al paciente, evitando ruidos y vibraciones en la estructura, así también para no dañar los pisos de las habitaciones y corredores.
5. Fabricar barras metálicas con orillas redondeadas que se ajusten en los agujeros del cabestrillo a manera de reemplazar las barras metálicas incluidas de las que se sujetan los mosquetones.
6. Se recomienda implementar el sistema de grúa para la movilización y desplazamiento seguro de los pacientes en salas hospitalarias y centros de atención del adulto mayor, con el objetivo de disminuir las lesiones lumbares del personal de enfermería.

XII. REFERENCIAS

1. ANSI, A. N. (2007). Obtenido de Law Resource:
<https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/ansi.a10.4.2007.pdf>
2. ASME, A. S. (2007). Obtenido de Safety Code for Elevators and Escalators:
<https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/asme.a17.1.2007.pdf>
3. ASME, A. S. (2014). Obtenido de American Society of Mechanical Engineers:
<https://www.asme.org/gsearch.aspx?searchText=B30&#page=1,category=STANDARDS>
4. CVUHB, C. a. (2011). Obtenido de Cardiff and Vale University Health Board:
<http://www.cardiffandvaleuhb.wales.nhs.uk/opendoc/183649>
5. DIN, D. I. (2012). *Deutsches Institut für Normung* . Obtenido de
<http://www.nam.din.de/cmd?artid=1152836&bcrumblevel=1&contextid=nam&subcommitteeid=66496388&level=tpl-art-detailansicht&committeeid=54738979&languageid=en>
6. DOL, U. S. (2014). Obtenido de United States Department of Labor:
http://www.dol.gov/dol/cfr/Title_29/
7. Ellyin, F. (1997). *Fatigue damage, crack growth and life prediction*. Edmonton: Chapman & Hall.
8. FDA, U. F. (23 de septiembre de 2014). Obtenido de FDA U.S. Food and Drug Administration:
<http://www.fda.gov/medicaldevices/deviceregulationandguidance/overview/>
9. García, G. y. (2014). Obtenido de Grúas y equipos García:
<http://www.gruasyequiposgarcia.com/tipo-de-gruas-industriales/>
10. GDSA. (2014). Obtenido de Grúas domiciliarias: <http://www.gruasdomiciliarias.es/vmchk/gruas-bipedestacion.html>
11. Guthrie PF, W. L.-W. (2004). *A patient lifting intervention for preventing the work-related injuries of nurses*. Minnesota: Work.
12. HSA, H. a. (2014). Obtenido de Health and Safety Authority:
http://www.hsa.ie/eng/Your_Industry/Healthcare_Sector/Work_Equipment/
13. IGSS, I. G. (2013). *Instituto Guatemalteco de Seguridad Social*. Obtenido de ACUERDO No. 6/2013: http://www.igssgt.org/ley_acceso_info/pdf/pdf2013/inciso6/6_13.pdf
14. ISO, I. O. (2007). Obtenido de ISO:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38594
15. Jennifer Bell, P., Jim Collins, P. M., Traci L. Galinsky, P., & Thomas R. Waters, P. C. (2008). Preventing Back Injuries in Health Care Settings. *Centers for disease control and prevention*.

16. MHRA, M. a. (2014). Obtenido de Medicines and Healthcare products Regulatory Agency:
<http://www.dhsspsni.gov.uk/dbni-2014-02.pdf>
17. NASA, O. o. (2012). Obtenido de National Aeronautics and Space Administration:
http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/canceled/1740_9.pdf
18. Neufert, P. (1997). *Fundamentos normas y prescripciones sobre construcción, diseño de edificios, locales y utensilios, instalaciones, distribución y programas de necesidades*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili SA.
19. NFPA, N. F. (2014). Obtenido de <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/document-information-pages?mode=code&code=70>
20. NHS, N. H. (2007). Obtenido de National Health Service:
<http://www.lcr.nhs.uk/Library/ps015%20code%20of%20practice%20for%20using%20hoists%20to%20move%20patients%20-%20final%20v1%20nov%2007.pdf>
21. OSHA, O. S. (2014). Obtenido de Occupational Safety & Health Administration:
<https://www.osha.gov/law-regs.html>
22. Pilkey, W. D. (1997). *Peterson's stress concentration factors*. New York: John Wiley & sons.
23. RAE, R. A. (2014). Obtenido de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=grua>
24. Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
25. Turnbull, D. A. (12 de septiembre de 2007). Obtenido de Medical Eco Design:
<http://www.medical-ecodesign.com/files/Use%20of%20IEC%2060601%20in%20supporting%20medical%20device%20approval.pdf>
26. UKHSE, H. a. (1998). Obtenido de Health and Safety Executive: <http://www.hse.gov.uk/work-equipment-machinery/loler.htm>
27. USAS/ANSI, U. S. (2006). Obtenido de USA Standard Safety Requirements for Material Hoists:
<https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/ansi.a10.5.2006.pdf>
28. WHO, W. H. (2003). Obtenido de World Health Organization:
http://www.who.int/medical_devices/publications/en/MD_Regulations.pdf

XIII. ANEXOS

ANEXO I: TABLAS DE RESULTADOS

Tabla 10: Tabla comparativa de grúas médicas

Marca	Vendedor	Ubicación	Accesorios	Tipo de sercha	Capacidad de carga	Posición de paciente	Precio en Guatemala
Dina	Garal	Guatemala	2 cabestrillos	en "V" invertida con cadena	330lb	sentado	Q10,000
Drive	Casa Médica	Guatemala	1 cabestrillo y freno en llanta	en "V" invertida con cadena	300lb	sentado	Q6,500
Drive	CORMED S,A	Guatemala	2 cabestrillos	en "V" invertida con cadena	300lb	sentado	Q7,365
Hoyer	Medical Department Stores	EEUU	ninguno	tipo "H" rígida para varias posiciones	400lb	sentado/acoestado	Q7,420
Invacare	Phillips Health Care	EEUU	ninguno	en "V" invertida con cadena	450lb	sentado	Q4,840
Ramsán	Ramsán	México	1 cabestrillo	en "V" invertida con cadena	300lb	sentado	Q7,560

Tabla 11: Precios de cabestrillos

Marca	Vendedor	Ubicación	Posición	Precio en Guatemala
no especificada	CORMED S.A	Guatemala	Sentado	Q400
no especificada	Garal	Guatemala	Sentado	Q800
Invacare	Phillips Health Care	EEUU	Sentado	Q600
Drive	Medical Department Stores	EEUU	Sentado con soporte de piernas	Q820

**ANEXO II: INSTRUCTIVO PARA LA UTILIZACIÓN SEGURA DE
GRÚAS PARA PACIENTES**

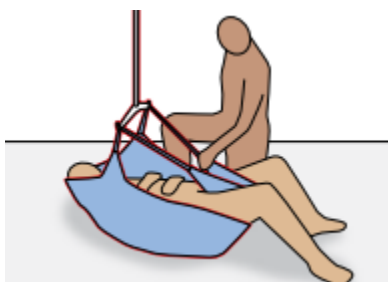
Instructivo para la utilización segura de grúas para pacientes



Octubre 2014

Utilizar la grúa para las siguientes actividades puede ayudar a evitar lesiones en cuidadores¹

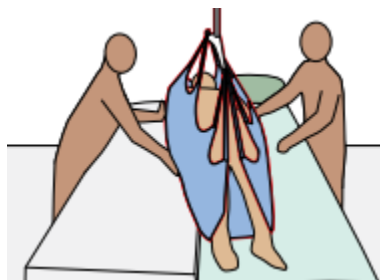
Levantar desde el suelo
silla



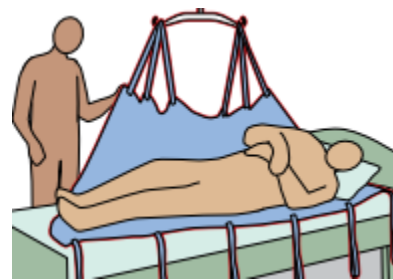
Movilizar de cama hacia
silla



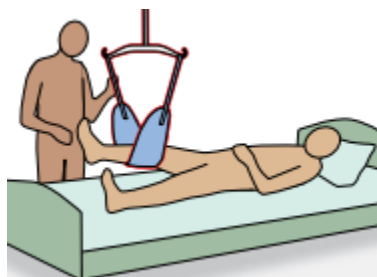
Transferencia de una cama a otra



Reposicionamiento



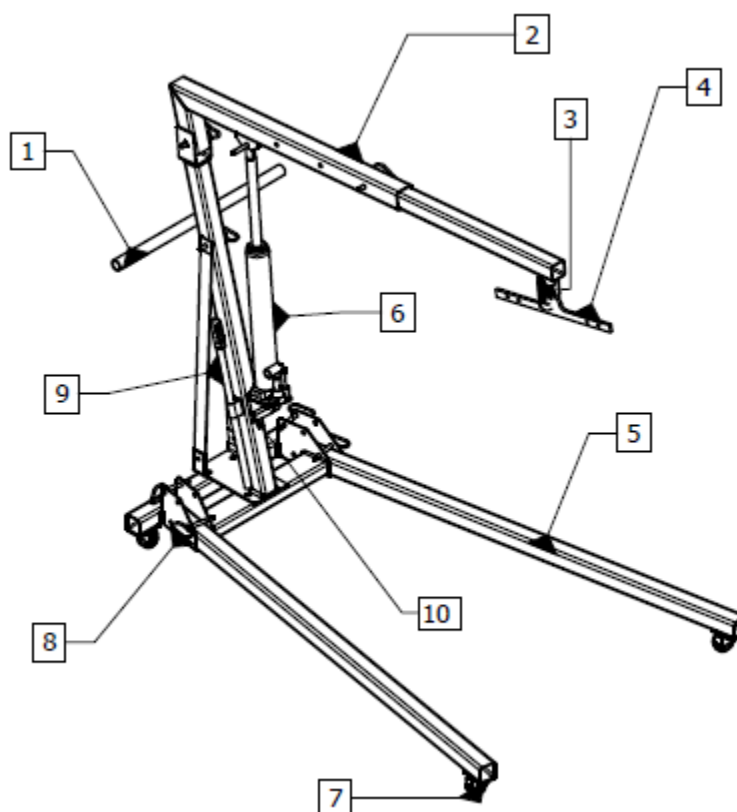
Alzando extremidades



Precauciones importantes que debe tomar en cuenta antes de utilizar la grúa para movilizar pacientes:

1. Nunca coloque carga sobre la grúa si las patas no están extendidas y con el pasador de seguridad puesto. De no ser así la grúa caerá sobre el extremo en donde falta el pasador de seguridad.
2. Nunca abra la válvula de desfogue por completo cuando el poste principal está descendiendo con una carga.
3. Si se utiliza la balanza, usarla para pesar y luego removerla, no se debe movilizar a un paciente con la balanza instalada.
4. Revisar que los mosquetones estén colocados adecuadamente.
5. Colocar las cadenas en las posiciones indicadas. De no ser así puede dejar al paciente en posición incómoda y lastimarlo (provocar laceraciones o esfuerzos lumbares excesivos).
6. Se debe movilizar con cuidado adicional la grúa con paciente cargado si está en una superficie irregular o que dificulta la movilización por ejemplo superficies con alfombras muy gruesas.

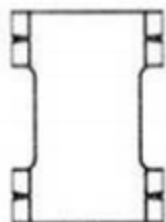
Conozca su grúa



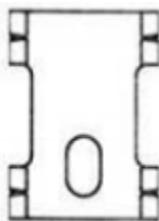
No.	Descripción
1	Manubrio
2	Poste principal
3	Cadena de barra separadora
4	Barra separadora
5	Patas plegables
6	Cilindro hidráulico
7	Ruedas
8	Pasadores
9	Barra para accionar cilindro hidráulico
10	Llave de desfogue

Los cabestrillos:

El cabestrillo incluido con la grúa como el mostrado en la siguiente figura es el simple, únicamente para movilizar.



Adicionalmente se pueden comprar cabestrillos para facilitar el uso de un sanitario para un paciente que es movilizado, tienen un agujero y son como se muestra en la figura a continuación.

**Las cadenas:**

La grúa incluye un set de 5 cadenas, 4 para el cabestrillo y una para la barra separadora.

La cadena gruesa color plateado no se debe remover y es el soporte de la barra separadora



Las cadenas amarillas son para el cabestrillo



Las que tienen el eslabón negro son las que deben ser colocadas en la parte superior del cabestrillo (donde están los hombros del paciente)



Las uniones de mosquetón:

Estas uniones para las cadenas dan mayor facilidad para el montaje y desmontaje de los accesorios



La barra separadora:

La barra separadora es el componente que va a sostener al paciente mientras se moviliza, por lo que es muy importante que las cadenas sean colocadas en las posiciones indicadas. La siguiente figura muestra la barra con las etiquetas que indican la posición de las cadenas.

Las cadenas con el eslabón negro deben ir en los agujeros con el número 1 y al cabestrillo en la parte superior (hombros). Las cadenas no pintadas van en los agujeros con la etiqueta "2", y al cabestrillo a la parte de los pies.



Procedimiento

Revise la condición del paciente

Antes de utilizar la grúa revise:

Capacidades físicas del paciente

- ✓ Averigüe si el paciente puede asistir con la movilización en la grúa
- ✓ Asegúrese que el paciente no exceda el peso máximo recomendado por la grúa (250lb/113Kg)
- ✓ Determine si puede hacer la movilización del paciente solo o requiere de la ayuda de compañeros de trabajo para asistir con la movilización

Condición médica del paciente

- ✓ Asegúrese de que movilizar al paciente en la grúa no agravará su condición
- ✓ Nunca se debe movilizar a un paciente con fracturas o lesiones graves en la columna y/o cadera

Estado mental del paciente

- ✓ Si el paciente está en estado mental consciente, asegúrese de que es capaz de entender y seguir sus instrucciones
- ✓ Asegúrese de que el paciente está listo para ser movilizado en una grúa



Se debe evitar el uso de la grúa si el paciente está agitado, se resiste o se niega a ser movilizado.

El tamaño del paciente

- ✓ Asegúrese que el ancho de espalda del paciente no exceda el tamaño del cabestrillo.

Si el paciente es muy pequeño se puede resbalar y caer del cabestrillo

Si el paciente es muy grande, los mosquetones (ganchos) pueden lastimar al paciente



Movilización

Preparar el ambiente

- ✓ Extender la grúa completamente y asegurarse que los pasadores de seguridad estén colocados
- ✓ Visualizar la ruta de movilización antes de hacerla
- ✓ Remover cualquier obstáculo que esté en el camino que va a seguir la grúa durante la movilización
- ✓ Verificar que no haya líquidos derramados o cualquier otra sustancia en el suelo que pudiese causar que el cuidador se resbale

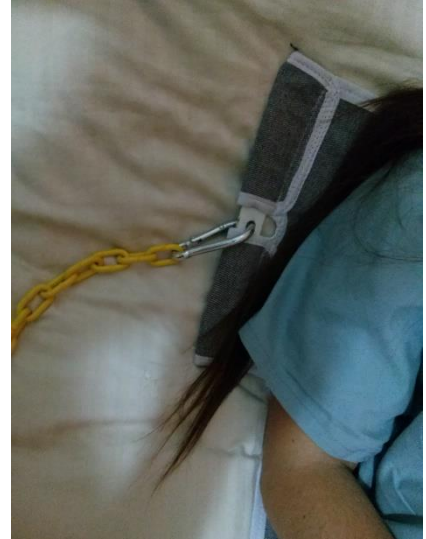
Preparar el equipo

- ✓ Asegúrese que la cama o silla que va a recibir al paciente no se va a mover mientras el paciente es colocado
- ✓ Revise que el set de cadenas y mosquetones esté completo, cada cadena debe tener dos mosquetones, uno en cada extremo y deben ser todos iguales
- ✓ Examine el cabestrillo para asegurarse que no tiene rasgaduras, agujeros o costuras rotas

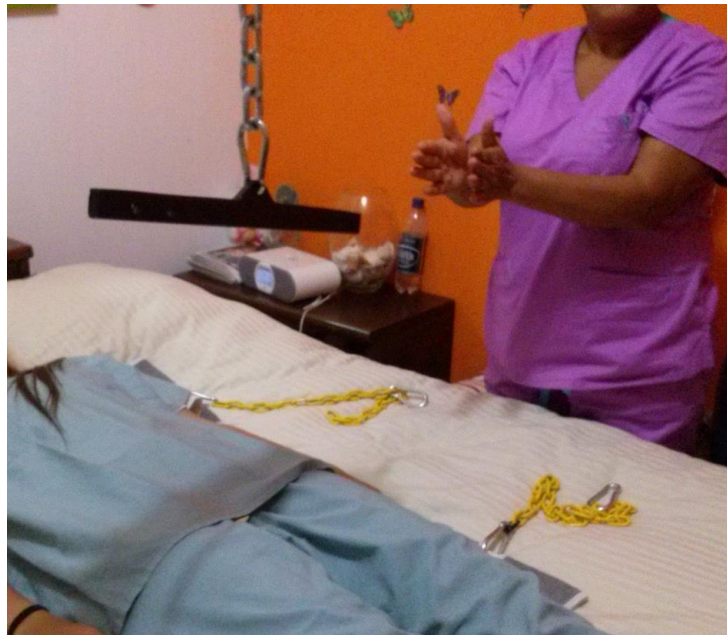
Colocar al paciente en el cabestrillo

1. Colocar el cabestrillo

- ✓ Coloque el cabestrillo cuidadosamente por debajo del paciente
- ✓ Ajuste el cabestrillo a forma de que la parte superior quede a la altura de los hombros
- ✓ Revise que el cabestrillo no esté doblado



2. Acerque la grúa a la cama y haga descender el poste principal lentamente a manera de que la barra separadora quede a aproximadamente 30 centímetros por encima del paciente



3. Coloque las cadenas

- ✓ Colocar los mosquetones (ganchos) en los agujeros del cabestrillo primero
- ✓ Colocar las cadenas que tienen el eslabón negro en la parte superior (donde están los hombros)
- ✓ Colocar las otras dos cadenas en la parte inferior (donde están las piernas)
- ✓ Con los otros mosquetones, sujetar las cadenas a la barra separadora
- ✓ Las cadenas de la parte superior (hombros) van colocados en los agujeros de la barra que tienen en número 1 (los agujeros de los extremos)
- ✓ Las cadenas de la parte inferior (piernas) van colocados en los agujeros de la barra que tienen en número 2 (los agujeros más cercanos al centro)



Realice una revisión de seguridad

- ✓ Usando la barra para accionar el cilindro, colóquela en la base del cilindro en donde hay un agujero y muévala de arriba hacia abajo, hasta que las cadenas queden tensas pero sin levantar al paciente.
- ✓ Una vez estén tensas las cadenas verifique de nuevo que los mosquetones estén cerrados, y el cabestrillo colocado adecuadamente



Si el paciente no puede soportar su cuello pida ayuda a un compañero para sostener la cabeza mientras se moviliza

Levante al paciente

1. Levante al paciente unos 5 centímetros sobre la superficie y revise:
 - ✓ Todas las cadenas y uniones están colocadas adecuadamente
 - ✓ El paciente no se está resbalando o saliendo del cabestrillo
2. Asegúrese del confort del paciente
 - ✓ Revise que las cadenas o ganchos no lastimen al paciente
 - ✓ Pregunte al paciente si siente alguna incomodidad
 - ✓ Busque señales no verbales de incomodidad en la persona



3. Levante al paciente a la altura que sea necesaria para la transferencia
 - ✓ Nuevamente asegúrese que el paciente se sienta cómodo

Baje al paciente

Una vez el paciente esté en la posición deseada a colocar, es tiempo de iniciar el descenso

1. Lentamente gire la llave de desfogue de derecha a izquierda. Realice esta operación lo más lento posible para no incomodar o lastimar al paciente.
2. Vuelva a apretar la llave(de izquierda a derecha) para detener el descenso y evite que la barra separadora pueda lastimar al paciente
3. Una vez el paciente está en la posición deseada, remueva los mosquetones de la barra separadora primero y luego proceda a remover las cadenas y el cabestrillo.



Otras posiciones

Para pesar a un paciente:

1. Colocar la balanza entre la barra y la cadena principal
2. Llevar a cabo todo el procedimiento que se especificó en “Movilización” (página 9 a 14).
3. Levante al paciente a manera que quede completamente apoyado en el cabestrillo y pueda obtener una lectura clara de la balanza.
4. **No movilice hacia ningún lado al paciente con la balanza instalada.**



Para reposicionar

1. Colocar el cabestrillo por debajo del paciente como en el procedimiento de levantamiento normal.
2. Colocar las dos cadenas que tienen el eslabón negro del mismo lado (una en los hombros y otra en la parte de las piernas).
3. Colocar el otro extremo de las cadenas con su respectivo mosquetón en la barra separadora en el agujero con la etiqueta “1” emulando la figura mostrada en la página 1.
4. Levantar grúa hasta dejar al paciente en la posición deseada.

Para levantar una extremidad

Para levantar extremidades se recomienda utilizar otro cabestrillo aunque de igual forma es posible utilizar el cabestrillo estándar de levantamiento. Los pasos son los siguientes:

1. Colocar extremidad dentro de cabestrillo
2. Acercar grúa
3. Colocar cadenas
4. Levantar hacia la posición deseada

Cuidado de cabestrillos

El cabestrillo debe ser lavado entre uso de pacientes para evitar la propagación de infecciones o enfermedades. Revise cada semana el estado del cabestrillo y busque costuras rotas y rasgauras.

Para lavar el cabestrillo:

- ✓ Remueva las placas metálicas de donde se sostienen las cadenas
- ✓ El cabestrillo se puede lavar en lavadora o a mano
- ✓ Una vez lavado se debe secar exponiéndolo al sol o en secadora

Nota: No se recomienda el uso de cloro o detergentes fuertes, debido a que pueden debilitar el cabestrillo o decolorarlo.

Cuidado de la grúa

Se debe cuidar la grúa y sus componentes a manera de evitar corrosión y deterioro, para asegurarse de que la grúa no se deteriore deben tomarse en cuenta las siguientes indicaciones:

- ✓ Evite que la grúa se quede almacenada en un área descubierta y desprotegida de los elementos
- ✓ Evite que la grúa esté expuesta a elementos corrosivos que puedan caer o ser derramados sobre la grúa y sus accesorios como por ejemplo ácidos, detergentes o agua
- ✓ Mantener la grúa limpia y remover inmediatamente con un paño seco cualquier líquido que sea derramado sobre ella

Para almacenar la grúa se pueden remover los pasadores de las patas movibles para retraerlas y así poder almacenar la grúa en un tamaño más reducido

¹ Imágenes tomadas de FDA Patient Lift Safety Guide

ANEXO III: INSTRUCTIVO PARA ADAPTAR UNA GRÚA DE
LEVANTAMIENTO DE MOTORES PARA SU USO EN
MOVILIZACIÓN DE PACIENTES



INSTRUCTIVO PARA ADAPTAR UNA GRÚA DE LEVANTAMIENTO DE MOTORES PARA SU USO EN MOVILIZACIÓN DE PACIENTES

RESUMEN

El presente instructivo contiene una lista todos los materiales necesarios, planos e instrucciones para la adaptación de una grúa de motores para su uso en hospitales y centros de asistencia.

Introducción

El presente instructivo busca facilitar la replicación de la grúa del proyecto titulado: *Rediseño de una grúa de levantamiento de motores para uso hospitalario y en centros de atención al adulto mayor*. El instructivo presenta las dimensiones y características principales con las que debe de contar cada elemento a manera de que la grúa sea segura para un posible paciente y cuidador. Al final del instructivo están listadas con dirección y número telefónico las diferentes tiendas y almacenes en donde se pueden conseguir los artículos necesarios para la adaptación de la grúa.



Instrucciones

La grúa:

La grúa que debe ser utilizada como base para todas las adaptaciones debe ser marca CraneShop de 1 tonelada, disponible en FPK. Se debe de verificar que la grúa sea de patas plegables, lo cual es una de las características más importantes en una grúa de movilización de pacientes. De no ser así la grúa no pasa por puertas normales de habitaciones (90cm) de ancho.

La grúa la entregan ensamblada, y debe verificar que todas las tuercas y tornillos estén apretados. Si opta por obtener la grúa sin ensamblar, previamente verifique que le entreguen un manual de ensamblaje y que tenga todas las piezas listadas.



Para adaptar una grúa de levantamiento de motores y hacerla útil y segura para movilizar pacientes existen varias adaptaciones que deben llevarse a cabo. Se considera una grúa para movilizar pacientes a la grúa con todos los accesorios y piezas necesarias para poder movilizar de forma segura a un paciente de una cama a una silla. A continuación se presentan las modificaciones y accesorios que se deben incorporar en una grúa de motores para que se pueda utilizar para movilización de personas.

Lista de piezas y modificaciones necesarias:

1. Barra separadora
2. Cabestrillo
3. Cadenas
4. Mosquetones
5. Color
6. Manubrio
7. Pasadores de seguridad
8. Válvula de desfogue
9. Balanza de resorte

A continuación se detalla el proceso a seguir para replicar cada pieza:

Se divide en dos grupos principales, artículos por comprar y artículos por manufacturar.

[Comprar:](#)

Balanza de resorte:

La balanza de resorte que se utilizó para el proyecto es marca Engel con capacidad para 150Kg (336lb). No es imperativo utilizar la misma puesto que existen varios modelos disponibles, incluyendo balanzas electrónicas que son más exactas pero tienen un precio más alto. La balanza se puede comprar en DDELASA.²



² Al final se puede encontrar una lista de empresas e información de contacto

Cabestrillo

El cabestrillo se puede comprar en CORMED S, A. Se recomienda utilizar el mismo cabestrillo a manera de evitar que los demás accesorios no se puedan instalar adecuadamente, y resulte en incomodidad para el paciente o que lo pueda poner en riesgo al utilizar un cabestrillo de otra marca.



Cadenas

Se deben de comprar 5 cadenas, todas las cadenas se pueden comprar en CEMACO.

-Cadenas para el cabestrillo:

Se debe de comprar 4 cadenas, preferiblemente plastificadas para comodidad y seguridad del paciente.

Las cadenas deben ser de 3/16'' o equivalente que tenga una resistencia indicada por el fabricante de más de 500 libras. Deben tener 25 eslabones o equivalente a 2 pies (61cm) de largo total.



-Cadena para barra separadora:

Esta cadena debe ser de 5/16", y de 5 eslabones de largo o 6.5 pulgadas (17cm) de largo total.



Mosquetones:

Los mosquetones deben ser de 5/16" de espesor y 3 pulgadas de largo. Los mosquetones deben ser de acero y se debe buscar uno que indique una carga máxima de al menos 230 kg. Estas uniones se compraron en CEMACO.



Manufacturar:

Manubrio:

El manubrio tiene el propósito de brindarle al personal de enfermería o gerocultores mayor facilidad para la movilización de la grúa. Si la grúa no cuenta con un manubrio o timón se debe de instalar uno.

A continuación se muestran planos para la construcción de un manubrio. Básicamente es un tubo soldado a una placa con agujeros para poderlo insertar en la parte de atrás de la grúa o bien puede ser por medio de soldadura. La placa con manubrio deberá ser colocada a una altura que resulte cómoda de operar. El producto final debe verse como en las siguientes fotografías:



Pasadores de seguridad

Se deben modificar los pasadores de seguridad de las patas movibles a manera que sea más fácil removerlos e insertarlos. La siguiente figura muestra un ejemplo de cómo deben quedar los pasadores.



Barra separadora

La barra separadora se debe de manufacturar utilizando acero AISI1020 como un mínimo, y si hay disponibilidad de un acero de mayor resistencia es recomendable.

Se deben de seguir los planos de construcción, en especial las medidas de los agujeros y sus distancias, para asegurarse que puedan entrar las

uniones de mosquetón (ganchos) al igual que sean uniformes las distancias entre las cadenas que sujetan el cabestrillo. El espesor debe ser de 10 mm o 3/8" como mínimo para asegurar la resistencia del componente. Se deben colocar en la barra etiquetas con el número 1 en los agujeros de los extremos y un 2 en los agujeros más cercanos al centro. Los planos de la barra están al final del documento. La barra terminada debe ser similar a la que se muestra en la siguiente fotografía:



Color

El color es una modificación puramente estética y esta está sujeta a la opinión del cliente. Se recomienda utilizar pintura blanca, ya sea en latas de aerosol de cualquier marca o de forma envasada para utilizar en pistolas de pintura con compresor. Una vez se ha pintado la grúa del color deseado, se debe de aplicar una capa como mínimo de pintura de poliuretano transparente para dar mayor protección al trabajo de pintura ante los elementos y el uso. Las pinturas en aerosol a un módico precio se pueden comprar en DIDEASA.



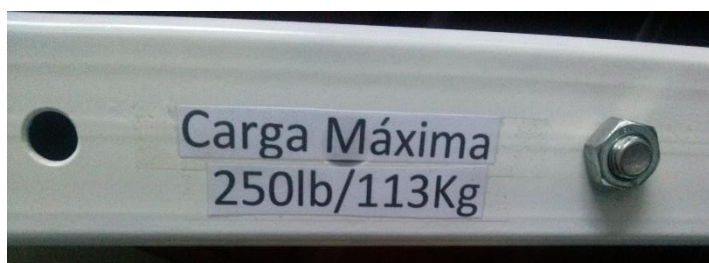
Color de cadenas:

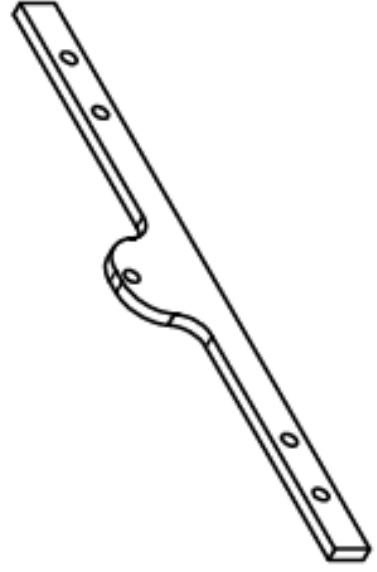
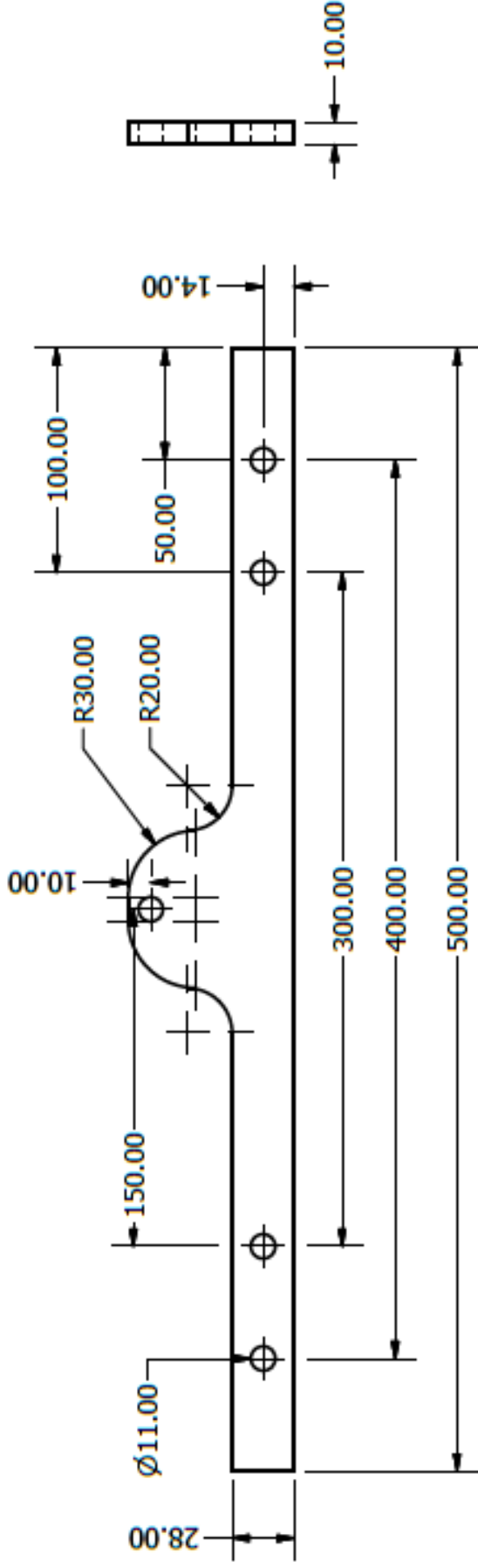
En las cadenas de cabestrillo más cortas (las de 14 eslabones) debe pintarse de color negro el último eslabón de cada una de ellas. Esto se hace con el propósito que el personal de enfermería o gerocultores sepan las posiciones en donde se deben instalar las cadenas.



Etiquetas:

La grúa debe llevar una etiqueta indicando que la carga máxima es de 250 libras o 113 kilogramos como se muestra a continuación. Las etiquetas se pueden hacer como calcomanía, o impresiones cubiertas de cinta adhesiva transparente.





ESCALA: 1:3	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:
UNIDADES: MM	Depto. de Ingeniería mecánica	
FORMATO: A	Proyecto: Grúa de pacientes	
REVISIÓN #: 1	Diseño por: Roberto Lorenzana P.	28-9-14
	Revisión: Ing. Loarca	28-9-14
	TOLERANCIAS	
	ANGULAR: .X ±0.05	
	RADIAL: .XX ±0.05	
	LONGITUD: .XXX ±0.005	
	PESO: 1.2Kg	
	MATERIAL: Acero AISI1020	
	NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA: Barra separadora	
	DE: 5	

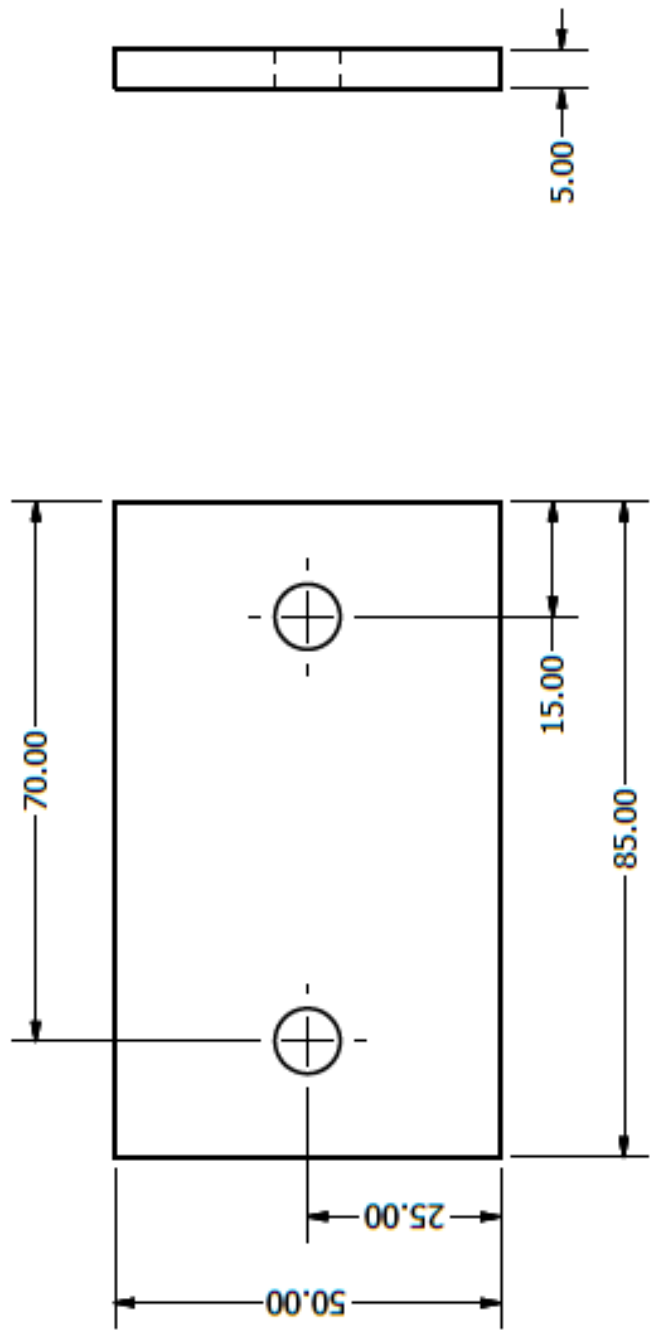


1

2

2

1



B

A

B

A

ESCALA:	1:1	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica		
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes		
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana	28-9-14	
		Revisión	28-9-14	
		TOLERANCIAS		
		ANGULAR: .X ±0.05		
		RADIAL: .XX ±0.05		
		LONGITUD: .XXX ±0.005		
		MATERIAL: ACERO AISI1020		
		PESO: N/A		
		Placa de manubrio		
		1		
		DE: 4		

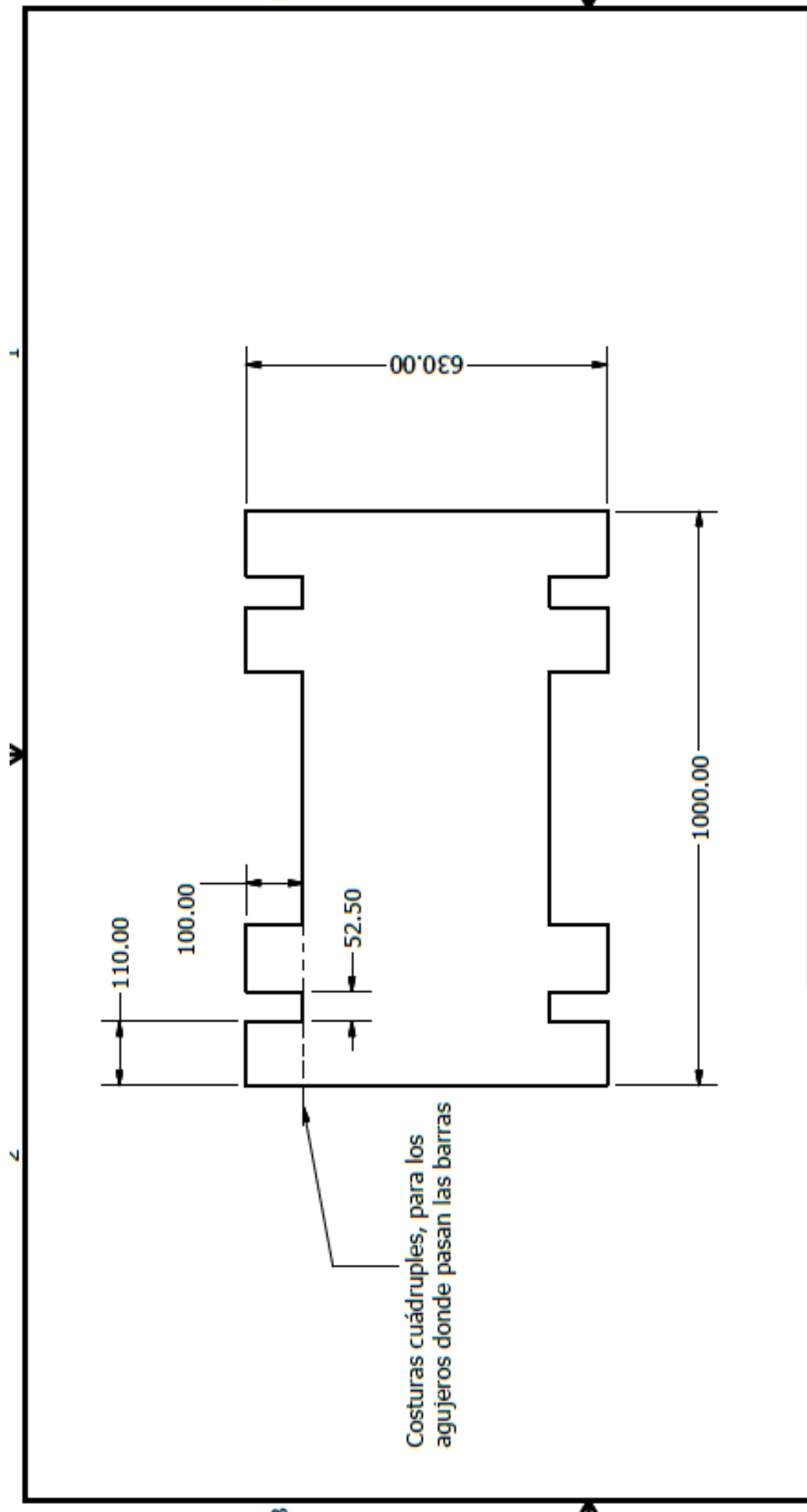


1

2

2

1



ESCALA:	1:10	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica		
		Proyecto: Grúa de pacientes		
FORMATO:	A	Diseño por: Roberto Lorenzana	28-9-14	
REVISIÓN #:	1	Revisión Ing.Loarca	28-9-14	
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA: Cabestrillo del proyecto		
		TOLERANCIAS		
		ANGULAR:	.X ±0.5	
		RADIAL:	.XX ±0.05	
			.XXX ±0.005	
		MATERIAL:	Lona reforzada	PESO: 1.2Kg
		5		
		DE: 5		



Lista de empresas mencionadas

CEMACO

Teléfono: 2499-9999

Direcciones:

- 7 Avenida 2-34 Zona 4, Interior tienda CEMACO, Guatemala Ciudad.
Teléfono: 2499-9999
- 2a. calle 22-65 zona 15, C.C. Metro 15, Nivel I Teléfono: 2499-9999

Sitio web:

<http://cemaco.com/main.asp>

FPK S, A:

Teléfono: (502) 23247400

Dirección: 5a Calle 6-75 Zona 9 Guatemala, Guatemala

DIDELASA

Teléfono: 2369-3305 / 2369-1302

Dirección:

- Km. 17.2 Carretera a El Salvador
- Boulevard Vista Hermosa 15-64 Zona 15 Colonia El Maestro
- Calzada Roosevelt 8-07 zona 7

ANEXO IV: PLANOS

1

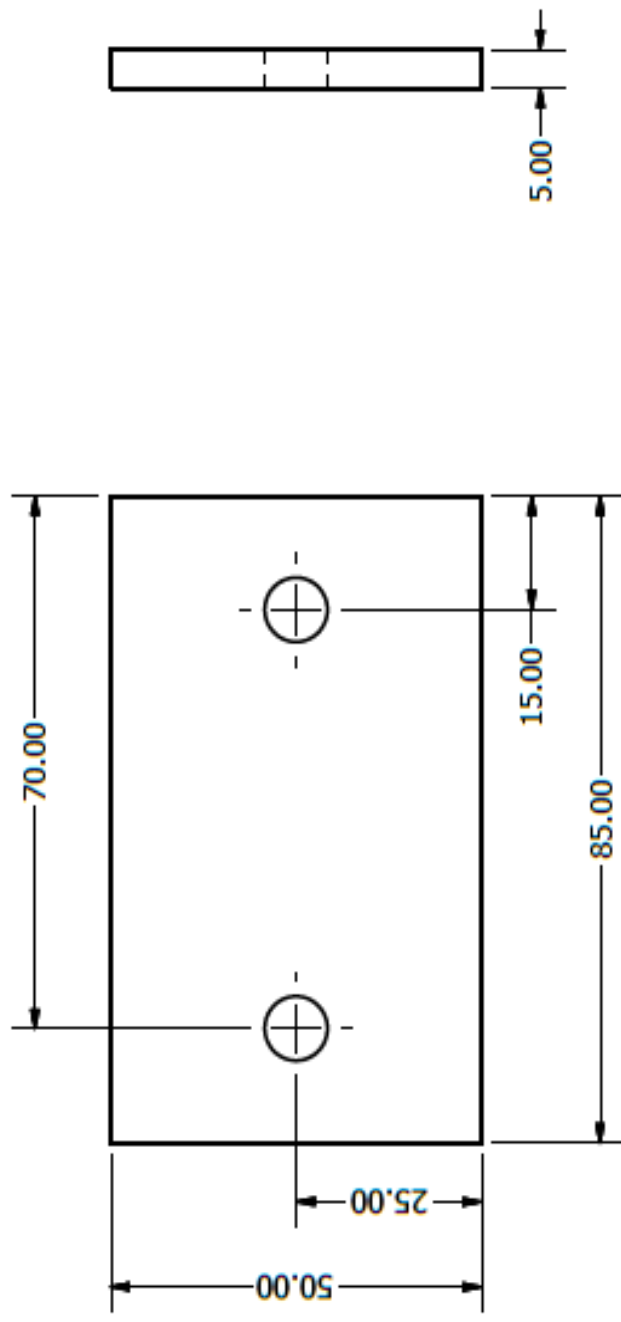
W

2

B



A



ESCALA:	1:1	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:		
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica			
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes	28-9-14		
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana	28-9-14		
		Revisión			
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA: Placa de manubrio			
		MATERIAL:	PESO:		
		ACERO AISI1020	200g		
		TOLERANCIAS			
		ANGULAR:	LONGITUD:		
		.XX ±0.05	.X ±0.5		
		RADIAL:	.XX ±0.05		
		.XX±0.05°	.XXX ±0.005		
		1			DE: 5



1

A

2

B

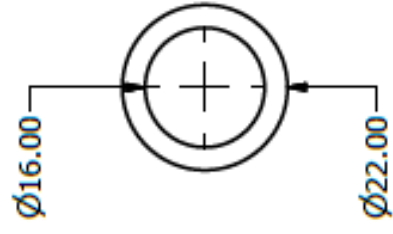
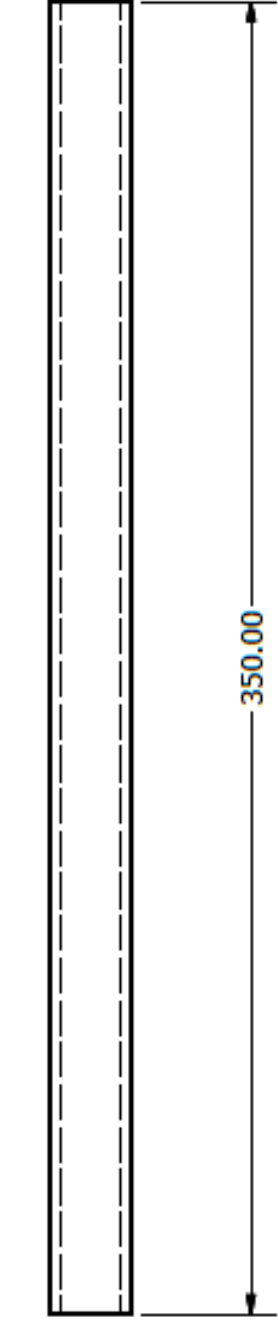


A

L W I

B

B



A

A

ESCALA:	1:2	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica	
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes	
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana P.	28-9-14
		Revisión: Ing. Loarca	28-9-14
		TOLERANCIAS	
		ANGULAR: .X ±0.5	
		RADIAL: .XX ±0.05	
		LONGITUD: .XXX ±0.005	
		PESO: 345g	
		MATERIAL: Acero AISI1020	
		Tubo de manubrio	
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA:	
		2	
		DE: 5	

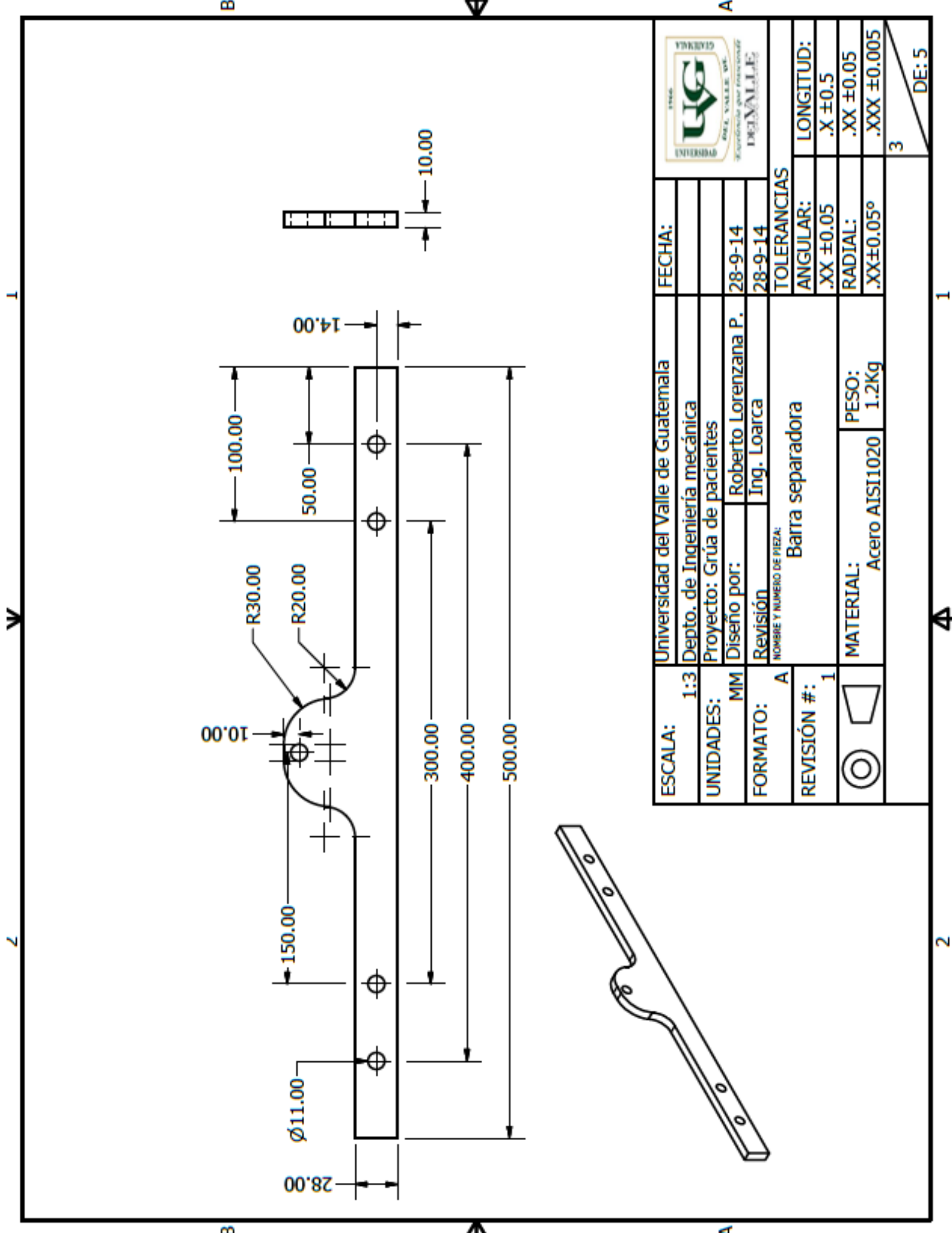


2

1

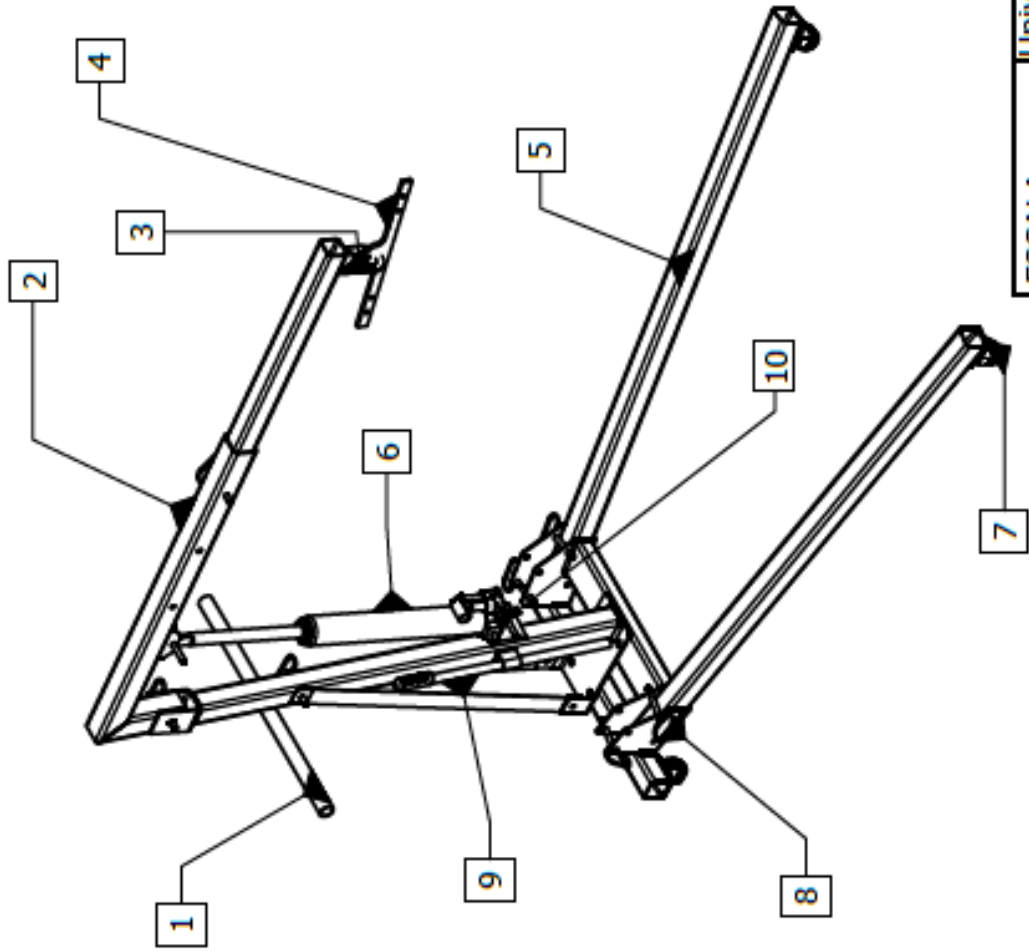
1

2



ESCALA:	1:3	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica		
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes	28-9-14	
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana P.	28-9-14	
		Revisión: Ing. Loarca	TOLERANCIAS	
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA: Barra separadora	ANGULAR:	.X ±0.05
			RADIAL:	.XX ±0.05
			LONGITUD:	.XXX ±0.005
				3





No.	Descripción
1	Manubrio
2	Poste principal
3	Cadena de barra separadora
4	Barra separadora
5	Patas plegables
6	Cilindro hidráulico
7	Ruedas
8	Pasadores
9	Barra para accionar cilindro hidráulico
10	Llave de desfogue

ESCALA:	1:25	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	NA	Depto. de Ingeniería mecánica		
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes		
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana P.	29-9-14	
		Revisión: Ing. Loarca	29-9-14	
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA:		
		Partes de estructura principal de grúa		
		MATERIAL:	Varios	PESO: 51Kg
		TOLERANCIAS		
		ANGULAR:	.XX ±0.05	LONGITUD:
		RADIAL:	.XX ±0.05	.X ±0.5
			.XX±0.05°	.XXX ±0.005
		4		
		DE: 5		



1

2

B

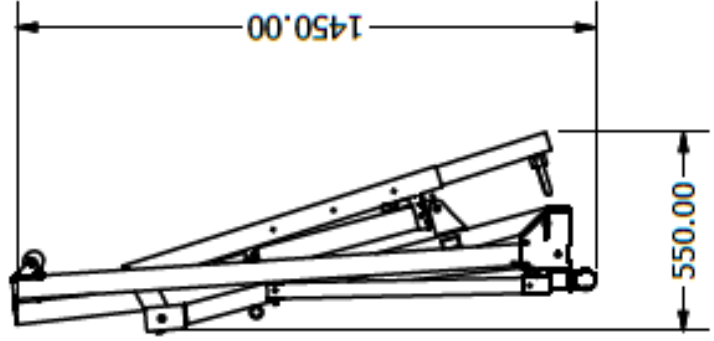
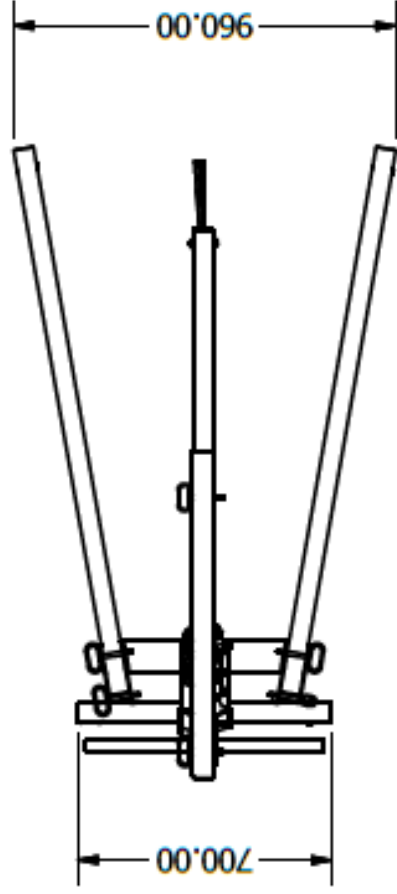
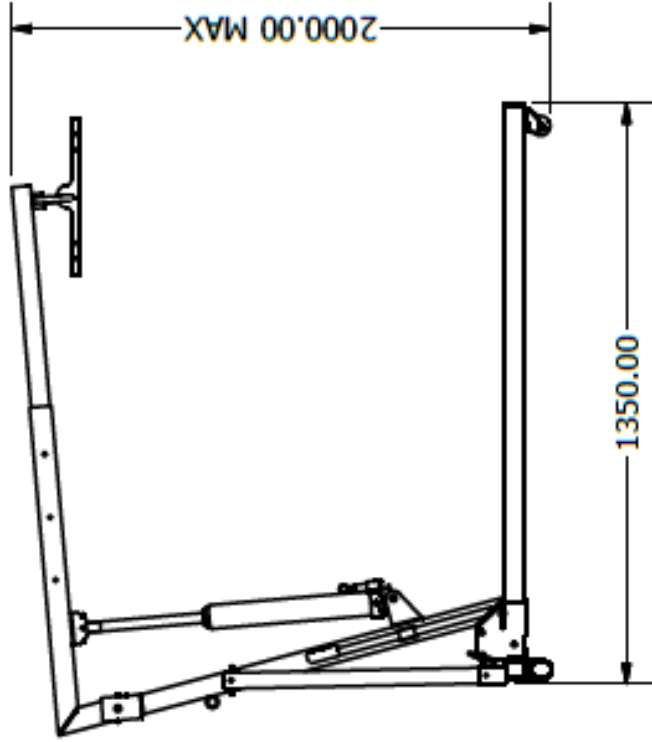
A

B

A

1

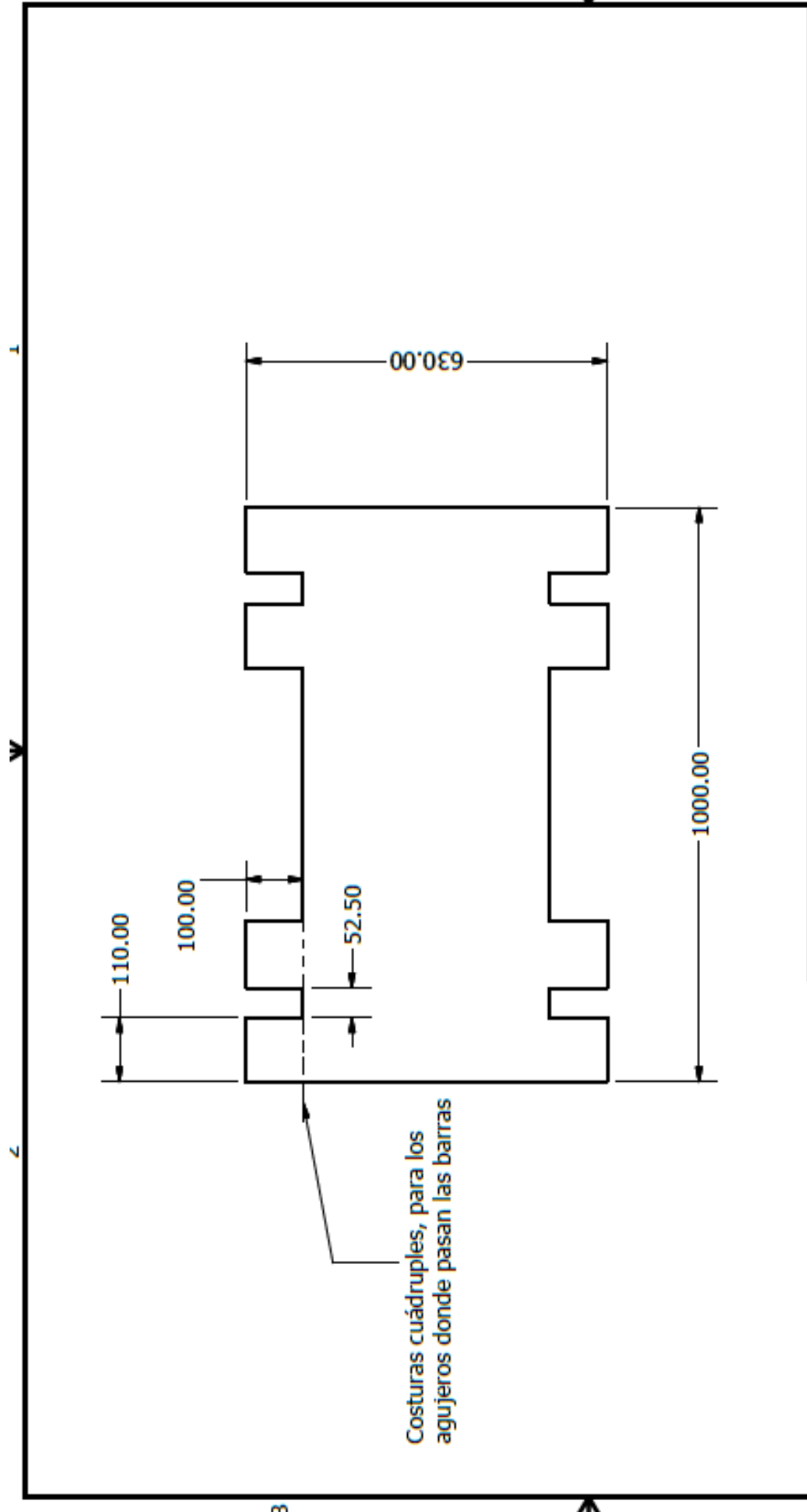
2



ESCALA:	1:25	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica		
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes		
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana	28-9-14	
		Revisión	28-9-14	
		TOLERANCIAS		
		ANGULAR: .XX ±0.05		
		RADIAL: .XX ±0.05		
		.XX±0.05°		
		PESO: 51Kg		
		MATERIAL: VARIOS		
		LONGITUD: .X ±0.5		
		.XXX ±0.005		
		5		
		DE: 5		



Medidas principales de grúa



ESCALA:	1:10	Universidad del Valle de Guatemala	FECHA:	
UNIDADES:	MM	Depto. de Ingeniería mecánica		
FORMATO:	A	Proyecto: Grúa de pacientes	28-9-14	
REVISIÓN #:	1	Diseño por: Roberto Lorenzana	28-9-14	
		Revisión: Ing.Loarca	TOLERANCIAS	
		NOMBRE Y NUMERO DE PIEZA: Cabestrillo del proyecto		
		ANGULAR: .X ±0.05		
		RADIAL: .XX ±0.05		
		LONGITUD: .XXX ±0.005		
		MATERIAL: Lona reforzada		
		PESO: 1.2Kg		
		5		
		DE: 5		



ANEXO V: TABLAS UTILIZADAS PARA CÁLCULO DE FACTORES
DE DISEÑO

Tabla utilizada para factores C_m , y C_{st}

3. Emplee la figura 5-8 para estimar la resistencia a la fatiga modificada s_n .

4. Aplique un factor de material C_m de la siguiente lista.

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$

5. Aplique un factor de tipo de esfuerzo: $C_{st} = 1.0$ para el esfuerzo flexionante, $C_{st} = 0.80$ para la tensión axial.

6. Aplique un factor de confiabilidad C_R de la tabla 5-1.

7. Aplique un factor de tamaño C_s , mediante la figura 5-9 y la tabla 5-2, como guías.

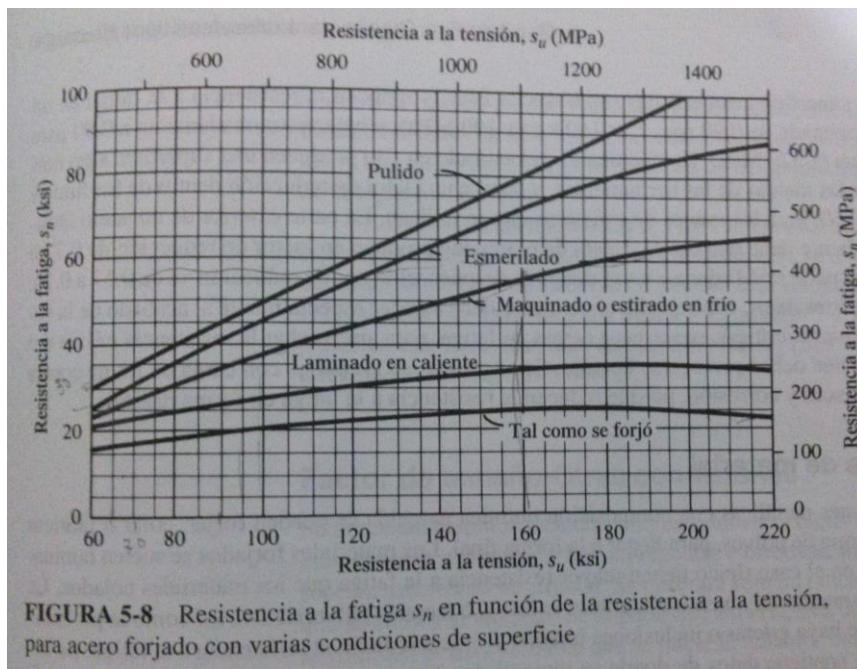
8. Calcule la resistencia a la fatiga estimada real s'_n , con

$$s'_n = s_n (C_m)(C_{st})(C_R)(C_s) \quad (5-4)$$
Tabla para determinar C_R

TABLA 5-1
Factores de confiabilidad aproximados C_R

Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Gráfica para determinar valor de S_n



Gráfica para valor de K_t

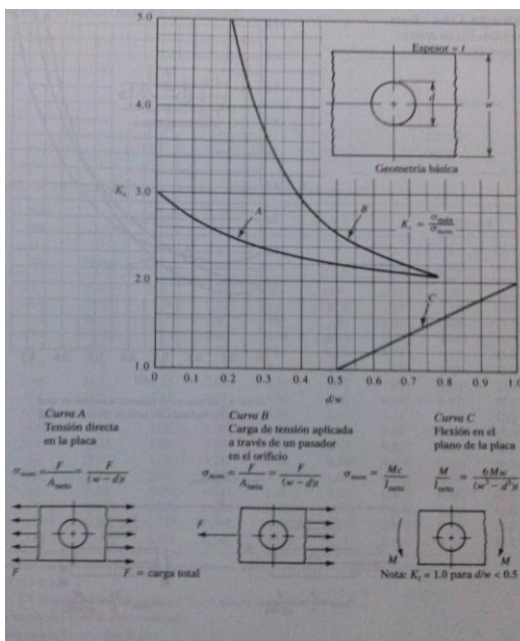
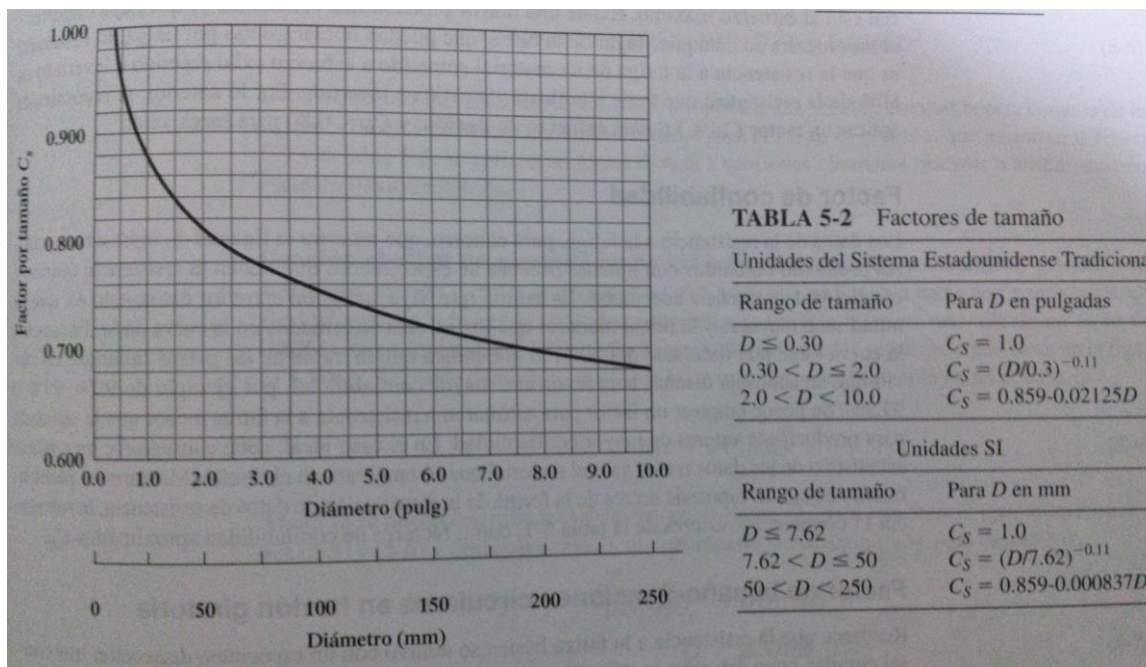


Tabla y gráfica para determinar C_s 

Fórmulas para determinar módulo de sección

b) Círculo hueco (tubo)		$A = \pi(D^2 - d^2)/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64$ $S = \pi(D^4 - d^4)/32D$ $r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $Z_p = \pi(D^4 - d^4)/16D$
c) Cuadrado		$A = S^2$ $I = S^4/12$ $S = S^3/6$ $r = S/\sqrt{12}$
d) Rectángulo		$A = BH$ $I_x = BH^3/12$ $S_x = BH^2/6$ $r_x = H/\sqrt{12}$ $r_y = B/\sqrt{12}$

Valores permisibles de deflexión:

Deflexión de una viga por flexión	
Parte de maquinaria general:	0.005 a 0.003 pulg/pulg de longitud de la viga
Precisión moderada:	0.000 01 a 0.000 5 pulg/pulg
Alta precisión:	0.000 001 a 0.000 01 pulg/pulg
Deflexión de una viga debido a torsión	
Parte de maquinaria general:	0.001° a 0.01°/pulg de longitud
Precisión moderada:	0.000 02° a 0.000 4°/pulg
Alta precisión:	0.000 001° a 0.000 02°/pulg

Tabla de propiedades del tubo estructural de acero de sección cuadrada

Tamaño	Área (pulg ²)	Peso por pie (lb)	Eje X-X			Eje Y-Y		
			I (pulg ⁴)	S (pulg ³)	r (pulg)	I (pulg ⁴)	S (pulg ³)	r (pulg)
8 × 8 × 1/2	14.4	48.9	131	32.9	3.03	131	32.9	3.03
8 × 8 × 1/4	7.59	25.8	75.1	18.8	3.15	75.1	18.8	3.15
8 × 4 × 1/2	10.4	35.2	75.1	18.8	2.69	24.6	12.3	1.54
8 × 4 × 1/4	5.59	19.0	45.1	11.3	2.84	15.3	7.63	1.65
8 × 2 × 1/4	4.59	15.6	30.1	7.52	2.56	3.08	3.08	0.819
6 × 6 × 1/2	10.4	35.2	50.5	16.8	2.21	50.5	16.8	2.21
6 × 6 × 1/4	5.59	19.0	30.3	10.1	2.33	30.3	10.1	2.33
6 × 4 × 1/4	4.59	15.6	22.1	7.36	2.19	11.7	5.87	1.60
6 × 2 × 1/4	3.59	12.2	13.8	4.60	1.96	2.31	2.31	0.802
4 × 4 × 1/2	6.36	21.6	12.3	6.13	1.39	12.3	6.13	1.39
4 × 4 × 1/4	3.59	12.2	8.22	4.11	1.51	8.22	4.11	1.51
4 × 2 × 1/4	2.59	8.81	4.69	2.35	1.35	1.54	1.54	0.770
3 × 3 × 1/4	2.59	8.81	3.16	2.10	1.10	3.16	2.10	1.10
3 × 2 × 1/4	2.09	7.11	2.21	1.47	1.03	1.15	1.15	0.742
2 × 2 × 1/4	1.59	5.41	0.766	0.766	0.694	0.766	0.766	0.694

¹Los datos se tomaron de una variedad de fuentes. Los tamaños mencionados representan una muestra pequeña de los tamaños disponibles.
 Nota: Ejemplo de tamaño: 6 × 4 × 1/4.
 6 = peralte vertical (pulg); 4 = ancho (pulg); 1/4 = espesor de pared (pulg).
 I = momento de inercia; S = módulo de sección; r = radio de giro.

Propiedades de diseño de aceros

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25
1020	Estirado en frío	61	420	<u>51</u>	352	15
1020	Recocido	60	414	43	296	38
1040	Laminado en caliente	72	496	<u>42</u>	290	18
1040	Estirado en frío	80	552	71	490	12
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33
1040	OQT 400	113	779	87	600	19
1050	Laminado en caliente	90	620	49	338	15
1050	Estirado en frío	100	690	84	579	10
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30
1050	OQT 400	143	986	110	758	10

XIV. GLOSARIO

- Gerocultor: Persona que tiene por oficio cuidar de ancianos en un geriátrico.
- CAE: Computer aided engineering.
- Encamamiento Promedio: Término para describir el lugar donde descansan pacientes que no están en cuidado intensivo y esperan recuperación.
- Grúa.: f. Máquina compuesta de un aguilón montado sobre un eje vertical giratorio, y con una o varias poleas, que sirve para levantar pesos y llevarlos de un punto a otro, dentro del círculo que el brazo describe o del movimiento que pueda tener la grúa.
- Trastornos musculo esqueléticos: Los TME son procesos, que afectan principalmente a las partes blandas del aparato locomotor: músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones .Al realizar ciertas tareas, se producen pequeñas agresiones mecánicas: estiramientos, roces, compresiones... que cuando se repiten durante largos periodos de tiempo (meses o años), acumulan sus efectos hasta causar una lesión manifiesta. Estas lesiones se manifiestan con dolor y limitación funcional de la zona afectada, que dificultan o impiden realizar el trabajo.