



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA GRÚA PARA
TRANSFERENCIA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD
MOTRIZ”**

**Autor:
PAVÓN SOLANO LENNIN STALIN**

**Director:
DR. MARCO CIACCIA**

**Ibarra – Ecuador
2016**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	100386399-8
APELLIDOS Y NOMBRES	Pavón Solano Lennin Stalin
DIRECCIÓN	Ezequiel Rivadeneira y Bolívar (San Antonio de Ibarra)
E-MAIL	ispavons@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL	0989170105
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz”
AUTOR	PAVÓN SOLANO LENNIN STALIN
FECHA	JULIO DEL 2016
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	Dr. Marco Ciaccia



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Lennin Stalin Pavón Solano, con cédula de identidad Nro. 100386399-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la “Universidad Técnica del Norte” la publicación de la obra en el repositorio digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, diciembre del 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lennin P. Solano", is written over a horizontal line.

- Lennin Stalin Pavón Solano

C.I. 100386399-8



“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”

DECLARACIÓN:

Yo, Lennin Stalin Pavón Solano, con cédula de identidad N° 100386399-8, declaro bajo juramento que: el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la “Universidad Técnica del Norte”, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, diciembre del 2016

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Lennin Stalin Pavón Solano", is written over a horizontal line.

Lennin Stalin Pavón Solano

C.I. 1003863998



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Lennin Stalin Pavón Solano con cédula de identidad N° 1003863998; manifiesto mi voluntad de ceder a la “Universidad Técnica del Norte” los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5,6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado; **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA GRÚA PARA TRANSFERENCIA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de; **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, diciembre del 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lennin P", is written over a horizontal line.

Lennin Stalin Pavón Solano

C.I. 100386399-8



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

CERTIFICO

Que la Tesis previa a la obtención del título de **Ingeniero en Mecatrónica** con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA GRÚA PARA TRANSFERENCIA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ”**, ha sido desarrollado y terminado en su totalidad por el Sr. Lennin Stalin Pavón Solano, con cédula de identidad 100386399-8, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in black ink that reads "Marco Ciaccia".

Dr. Marco Ciaccia

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi fortaleza cada instante de mi vida, por permitirme llegar a donde estoy, a mi madre por estar conmigo en mis momentos de flaqueza y de alegría, por ser a más de mi madre, mi amiga y confidente, a mi padre por el apoyo prestado en toda mi vida, a mis hermanos David y Renato que a pesar de las circunstancias siempre puedo contar con ellos, porque a pesar de la distancia ellos siempre están en mi corazón y son mi motivación e inspiración para seguir luchando por las objetivos que me he trazado, si ustedes no se rinden yo tampoco.

Stalin P.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

DEDICATORIA

Para la mujer que me dio la vida y ha estado como mi ángel de la guarda cada momento de mi vida, quien me corrigió cuando tenía que hacerlo, que aplaudió cada uno de mis logros, quien me ha visto llorar y reír, por ella y para ella es este logro, por ser una madre ejemplar este trabajo se lo dedico a usted madre.

Stalin P.

RESUMEN

El asistente de una persona con deficiencia motriz tiene que mover al paciente de la cama o camilla a la silla de ruedas y viceversa; una forma de ayudar al enfermero en su trabajo y a su vez evitarle posibles lesiones ocasionadas por dicho traslado es un dispositivo especializado para el traslado de las personas con discapacidad motriz. Se determinó que el dispositivo óptimo para realizar este trabajo es una grúa de transferencia.

Se definieron los requerimientos de la grúa de transferencia, las dimensiones, las cargas a soportar y con base en esta información se determinó el material, la geometría del dispositivo y el tipo de actuador.

Se realizó el diseño mecánico teórico y se comparó dichos resultados con los resultados obtenidos con un software de diseño, obteniendo resultados similares.

El control del actuador se realizó con un controlador en lazo abierto, fue diseñado en el software ISIS y las placas de control en el software PCB wizard.

La construcción de la grúa de transferencia se realizó de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente, incorporando las debidas seguridades para el uso confiable de la máquina.

Las pruebas de funcionamiento demuestran que la grúa soluciona el problema planteado.

ABSTRACT

The assistant of a person with motor deficiency has to move the patient from the bed or stretcher to the wheelchair and vice versa; A way of helping the nurse in his work and, in turn, avoiding possible injuries caused by such a transfer is a specialized device for the transfer of people with motor disabilities. It was determined that the optimal device to perform this work is a transfer crane.

The requirements of the transfer crane, the dimensions, the loads to be supported were defined and based on this information the material, device geometry and type of actuator were determined.

The theoretical mechanical design was performed and the results were compared with the results obtained with a design software, obtaining similar results.

The actuator control was performed with an open-loop controller, was designed in the ISIS software and control boards in the PCB wizard software.

The construction of the transfer crane was carried out in accordance with the parameters defined above, incorporating the necessary safeguards for the reliable use of the machine.

The operating tests show that the crane solves the problem.

ÍNDICE DE CONTENIDO

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	I
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	III
3. CONSTANCIAS.....	III
DECLARACIÓN:.....	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	V
CERTIFICO	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XV
INTRODUCCIÓN	16
Problema de la investigación.	16
Planteamiento del problema.....	16
Objetivos de la investigación.....	16
Antecedentes.....	17
Justificación.....	20
Alcance y limitaciones.....	21
1. MARCO TEÓRICO.....	22
1.1 Ecuaciones para el diseño.....	32
1.2 Grúas para personas con discapacidad motriz.....	32
a. Grúa empotrada en piso.....	29
b. Grúa de piscina.....	29
c. Grúa de techo.....	30
a. Grúa para arnés.....	31
b. Grúa de camilla.....	31
c. Grúa de baño.....	32
1.3 Actuador lineal.....	32
1.4 Microcontroladores PIC.....	32
1.5 Fuente de energía eléctrica.....	32
1.6 Sistema de control.....	323

1.6.1	Sistema de control de lazo abierto	38
1.6.2	Sistema de control de lazo cerrado	38
2.	METODOLOGIA.....	22
2.1	Investigación.....	32
2.2	Diseño mecánico.....	32
2.3	Diseño electrónico.....	32
2.4	Construcción.....	32
2.5	Manual de usuario.....	327
3.	DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DEL PROTOTIPO.....	22
3.1	Diseño mecánico	38
3.1.1	Pre-Diseños.....	38
3.1.2	Selección De la mejor solución	40
3.1.3	Croquis del diseño seleccionado.....	41
3.1.4	Diseño del brazo horizontal superior.....	41
3.1.5	Diseño Mástil.....	44
3.1.6	Diseño base horizontal.....	48
3.1.7	Diseño base lateral.....	52
3.1.8	Selección de materiales.....	53
3.1.9	Estudio cinemático	54
3.1.10	Diseño asistido por computadora	55
3.2	Diseño electrónico.....	55
3.2.1	Selección actuador.....	55
3.2.2	Diseño de sistema de control	56
3.2.3	Diseño de electrónica de potencia.....	56
3.2.4	Placas electrónicas.....	57
4.	CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANALISIS DE COSTO. 22	
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	62
	BIBLIOGRAFÍA	65
	MANUAL DE OPERACIÓN.....	66
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0.1 Grúa patente CN201692218U.	18
Figura 0.2 Grúa patente US7062804B2.....	19
Figura 0.3 Grúa patente US20100229229A1.....	20
Figura 0.4 Grúa patente US7657951.	21
Figura 1.1 Grúa fija.....	29
Figura 1.2 Grúa piscina.....	30
Figura 1.3 Grúa de techo.....	30
Figura 1.4 Grúa de arnés.....	31
Figura 1.5 Grúa de camilla.....	31
Figura 1.6 Grúa de baño.....	32
Figura 1.7 Baterías.....	33
Figura 1.8 Proceso de control.....	33
Figura 1.9 Control de lazo abierto.....	34
Figura 1.10 Control lazo cerrado.....	35
Figura 3.1 Modelo propuesto con motor.....	38
Figura 3.2 Modelo propuesto con actuador lineal.....	39
Figura 3.3 Modelo estructura de tres ruedas.....	39
Figura 3.4 Modelo estructura de cuatro ruedas.....	40
Figura 3.5 Croquis de grúa.....	41
Figura 3.6 Distancia acople actuador.....	49
Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre de brazo horizontal superior.....	42
Figura 3.8 Fuerza cortante del brazo horizontal superior.....	43
Figura 3.9 Momento flector del brazo horizontal superior.....	43
Figura 3.10 Distancia de acople actuador mástil.....	45
Figura 3.11 Diagrama de cuerpo libre mástil.....	45
Figura 3.12 Fuerza cortante de mástil.....	46
Figura 3.13 Momento flector del mástil.....	46
Figura 3.14 Torsión del mástil.....	47
Figura 3.15 Carga axial del mástil.....	47
Figura 3.16 Diagrama de cuerpo libre Base horizontal.....	48
Figura 3.17 Momento torsor en la base horizontal.....	49
Figura 3.18 Momento flector M_z en la base horizontal.....	49
Figura 3.19 Momento cortante en V_x de la base horizontal.....	50
Figura 3.20 Fuerza cortante en V_y de la base horizontal.....	50
Figura 3.21 Momento flector en M_x de la base horizontal.....	51
Figura 3.22 Diagrama de cuerpo libre de la base lateral.....	52
Figura 3.23 Diagrama cinemático.....	54
Figura 3.24 Desplazamiento maximo de la grúa sin platinas.....	55
Figura 3.25 Desplazamiento maximo de la grúa con juego de platinas en el mástil.....	55
Figura 3.26 Diseño electrónico de control.....	56
Figura 3.27 Diseño electrónico de potencia.....	56
Figura 3.28 Placa de control.....	57
Figura 3.29 Placa de mando a distancia.....	57
Figura 4.1 Juego de platinas en mástil.....	58
Figura 4.2 Estructura base.....	58
Figura 4.3 Mando de control.....	59
Figura 4.4 Grúa con arnes.....	59
Figura 4.5 Prueba de funcionamiento.....	59
Figura 4.6 Colocación de arnés.....	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Ecuaciones de estática.....	23
Ecuación 1.2 Esfuerzo admisible o de diseño.....	23
Ecuación 1.3 Modulo de sección.	23
Ecuación 1.4 Cortante doble.	24
Ecuación 1.5 Área de contacto.....	24
Ecuación 1.6 Cortante por área de contacto.....	24
Ecuación 1.7 Diámetro área de contacto.....	25
Ecuación 1.8 Torsión en miembros con sección transversal no circular.	25
Ecuación 1.9 Método para determinar Q para varios tipos de secciones.....	25
Ecuación 1.10 Esfuerzo debido a flexión.	26
Ecuación 1.11 Esfuerzo normal.	26
Ecuación 1.12 Esfuerzos normales combinados: Principio de superposición.	26
Ecuación 1.13 Esfuerzos normales máximos. Esfuerzos Principales	27
Ecuación 1.14 Esfuerzo para la teoría del cortante máximo.....	27
Ecuación 1.15 Esfuerzo para la energia de distorsión.	27
Ecuación 1.16 Factor de seguridad para cortante máximo y/o energía de distorsión.....	28
Ecuación 1.17 Deglexiones en áreas no circulares: ecuación de compatibilidad.	28
Ecuación 1.18 Esfuerzo Biaxial o asimétrica.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Tabla comparativa de diseños mecánicos.....	53
Tabla 3.2 Propiedad de los aceros estructurales.	53
Figura 3.3 Fuerza según el ángulo.	54
Tabla 3.4 Características actuador lineal.	53
Tabla 4.1 Tabla de resultados.	53
Tabla 4.2 Tabla de costos.....	53

INTRODUCCIÓN

Problema de la investigación.

Planteamiento del problema.

La discapacidad motriz es una condición de vida que afecta el control y movimiento del cuerpo. Las personas con discapacidad motriz, especialmente parapléjica y cuadrapléjica tienen dificultad al momento de trasladarse de su cama o camilla a la silla de ruedas o viceversa, siempre deben contar con la ayuda de un tercero.

El enfermero o persona a cargo del usuario con discapacidad motriz tiene entre sus funciones las de trasladar al paciente pero muchas veces la falta de conocimiento y/o fuerza hacen que este proceso sea desgastante tanto para el paciente como para el enfermero, debido a que para su traslado el enfermero tiene que agacharse y cargar todo el peso de la persona y si no lo hace de una forma correcta, puede sufrir lesiones y/o enfermedades en la zona lumbar. Si a esto se le agrega que este proceso lo debe hacer por lo menos dos veces al día, el riesgo de sufrir algún tipo de lesión aumenta considerablemente. El proceso repetitivo de trasladar al paciente hará que el enfermero sufra lesiones, y por tal motivo ya no podrá seguir cumpliendo sus funciones normalmente y en el peor de los casos ya no podrá asistir al paciente debido a no poder hacer más esfuerzo físico para evitar este problema se diseñara y construirá una grúa para la transferencia de la persona con discapacidad motriz.

Objetivos de la investigación.

Objetivo general.

Diseñar y construir una grúa para facilitar el traslado de personas con discapacidad motriz entre la cama y la silla de ruedas.

Objetivos específicos.

- Determinar los requerimientos mecánicos para el traslado de personas con discapacidad motriz.
- Diseñar la grúa para personas con deficiencia motriz.
- Construir un prototipo de la grúa.
- Validar el funcionamiento de la grúa.

Antecedentes.

La patente CN201692218U, se trata de una grúa para personas con discapacidad motriz. Cómo se puede observar en la figura 1 consta básicamente de un chasis, batería, conjunto de cables de elevación y un sensor para medir y controlar la elevación, esta grúa fue presentada el 16 de abril del 2010, su uso es hospitalario. El dispositivo fue diseñado para trasladar personas en posición horizontal, tiene como ventajas que el dispositivo es de construcción sencilla, el costo de fabricación es bajo y es de fácil traslado.

El mástil tiene la forma de J para con esto evitar choques inesperados entre la camilla de traslado y el mástil.

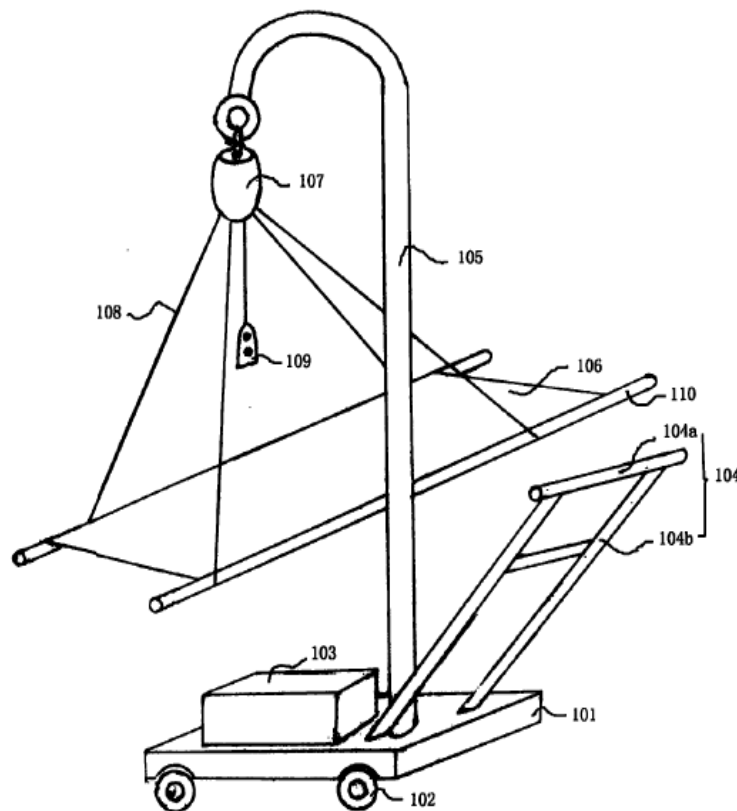


Figura 1 Grúa de transferencia de personas[1]

La patente US7062804B2 llamada “Sistema de movimiento del paciente, el método y aparato”, fue creada por Rouse Samuel y patentada en el año 2006.

La figura 2 muestra un tipo de grúa fija, que básicamente lo que hace es por medio de cuerdas sostener y elevar el cuerpo del paciente y colocar en una posición de sentado, el dispositivo gira y lo posiciona en la silla de ruedas. Sistema basado en poleas para la nivelación de la persona. Estructura robusta, proporciona la suficiente movilidad para trasladar al paciente de la cama a la silla de ruedas pero teniendo en cuenta que el dispositivo por completo no podrá trasladarse, es por tal motivo que la grúa podrá ser empleada por una sola persona.

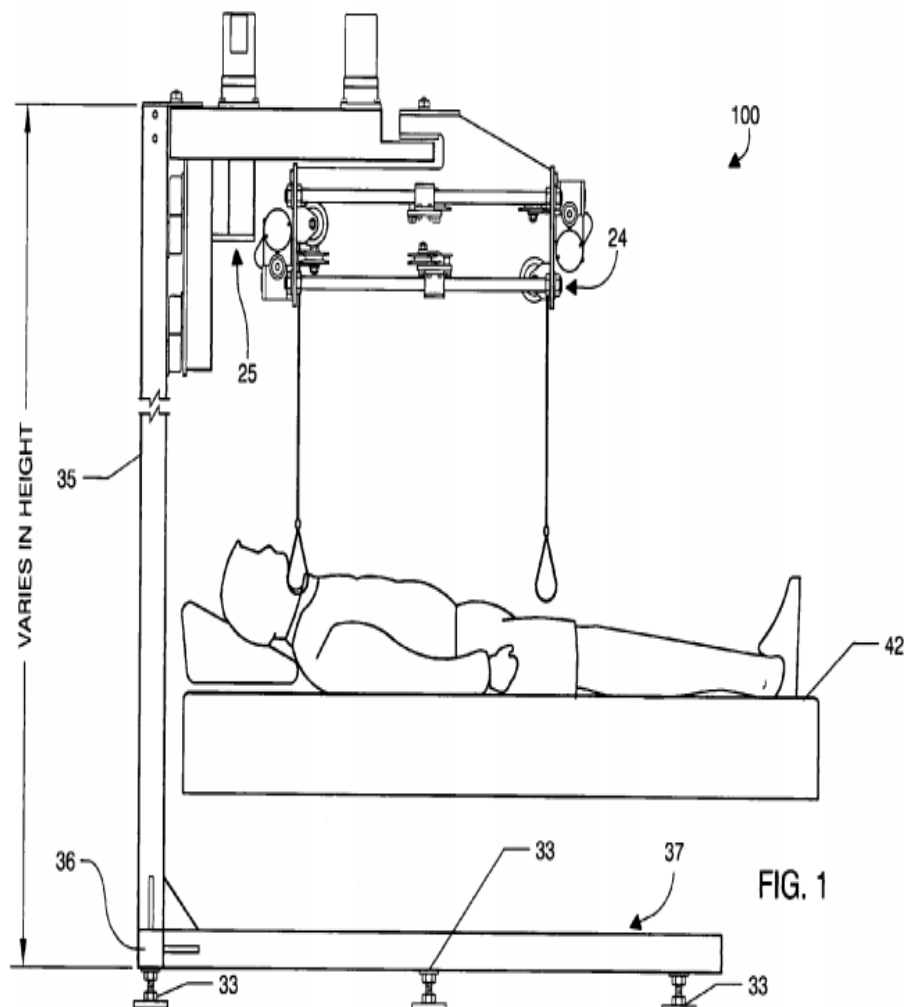


Figura 2 Grúa fija de paciente[2]

La patente US20100229229A1 con el título de “Método, un sistema y un aparato para el acceso indirecto al dispositivo de comunicación”, fue inventada por Sampath Kumar Swaroop y su presentación al público en el año 2009 se refiere a una grúa que basa su diseño en un sistema de poleas para la elevación del paciente por medio de un arnés ajustable según el tipo de usuario. Cuenta con un sistema de base de datos para guardar las diferentes alturas que necesita un usuario.

Es un dispositivo móvil con un sistema de tres ruedas para su desplazamiento, la rueda trasera se encuentra provista de un freno accionado con el pie del enfermero para evitar desplazamiento no requerido.

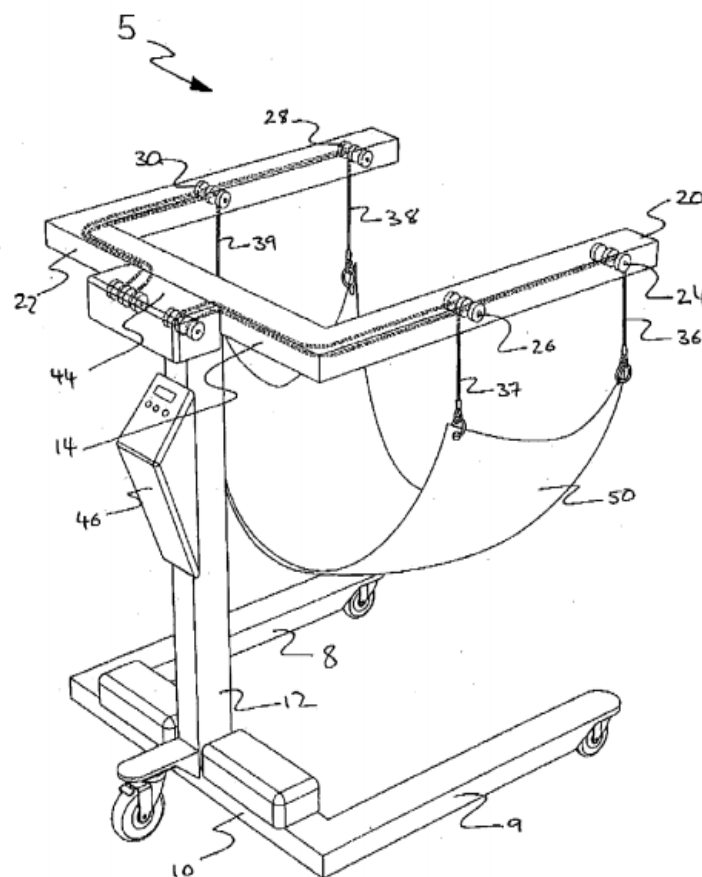


Figura 3 Dispositivo para el traslado de personas[3]

La patente US7657951 creada por Kevin Tally. efectuada en febrero de 2010 denominada “Aparato de soporte y transferencia para el transporte de un individuo discapacitado”, se refiere a una grúa para el traslado de personas con discapacidad motriz, consta de un bastidor horizontal sistema de dobles ruedas, un poste telescópico vertical que tiene un brazo voladizo que está sujeto en su base. Sistema con gran estabilidad debido a poseer ruedas en todos los extremos de la grúa y en las ruedas traseras contar con frenos para el confiable posicionamiento del paciente en la grúa.

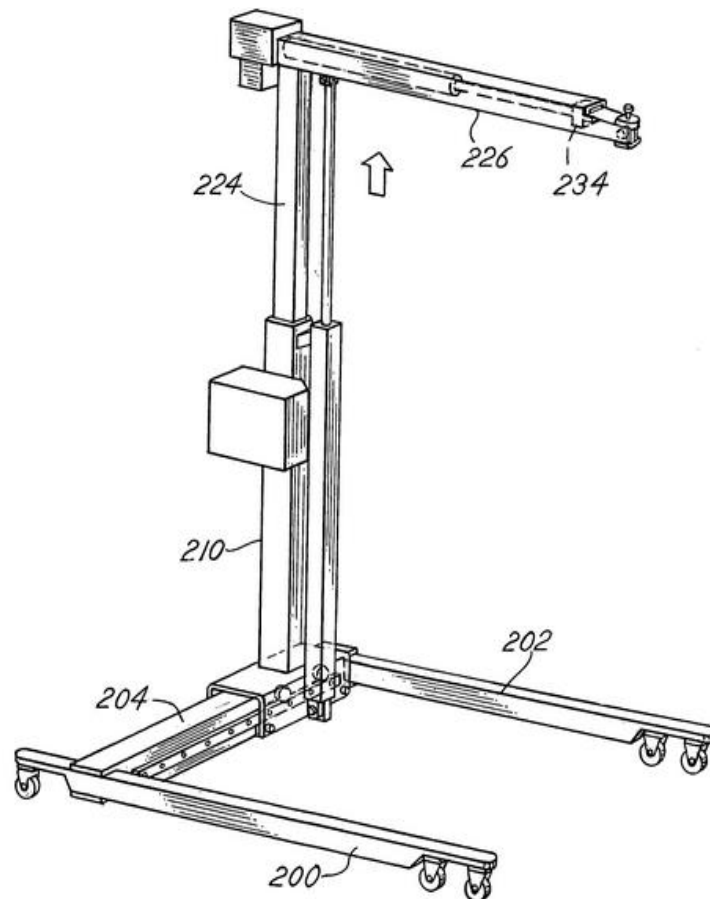


Figura 4 Aparato de soporte y transferencia para el transporte de un discapacitado[4]

Justificación.

Esta grúa tiene gran beneficio social, debido a que mejora la calidad de vida de la persona con problema de motricidad y previene futuras lesiones y/o enfermedades en el encargado de su cuidado.

Dentro del avance tecnológico, este dispositivo genera desarrollo local que contribuye con el cambio de la matriz productiva al disminuir importaciones y posibilitando la creación de una empresa generadora de empleo, la grúa constará con un diseño innovador, de bajo costo y reducido mantenimiento para su fácil adquisición.

El uso de un dispositivo que permita realizar el traslado de un paciente es de gran beneficio ya que reducirá significativamente el riesgo de que el enfermero sufra lesiones por cargar el peso del paciente.

Alcance y limitaciones.

El dispositivo constará de dos partes; la grúa y el arnés. En este trabajo de grado se diseñará y construirá la grúa. El arnés se construirá con base en uno existente. La grúa será usada en personas con discapacidad motriz con un peso máximo de 120 kg y una altura de 1,80 metros, que es la media de la población latinoamericana, según una investigación realizada por la Universidad Autónoma de México [5].

La grúa está en la capacidad de desplazarse de un lugar a otro en un plano horizontal liso por medio de tracción humana. El dispositivo será operado por un adulto acompañante, el cual asistirá al usuario en la operación de transferencia. La grúa presentará un accionamiento electromecánico para el descenso y elevación de la persona con discapacidad motriz.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO.

Aplicando geometría plana y un análisis cinemático se puede determinar la fuerza requerida en el apoyo del actuador en cualquier ángulo en el que se encuentre el brazo horizontal.

1.1 Ecuaciones para el diseño

a. Ecuaciones de estática

$$\Sigma_F = 0$$

$$\Sigma_M = 0$$

Ecuación 1.1.

b. Esfuerzo admisible o de diseño

La ecuación 1.2 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo admisible; para diseñar correctamente un elemento estructural o mecánico es necesario limitar el esfuerzo en el material hasta un nivel que sea seguro.

Por lo tanto para garantizar esta seguridad se requieren elegir un esfuerzo permisible que restrinja la carga requerida a un valor que sea mayor a la carga que el elemento puede soportar (Mott, 2006).

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{N}$$

Ecuación 1.2.

Dónde:

N: factor de seguridad de diseño.

σ_{adm} : el esfuerzo máximo que se permitirá que presente el diseño.

S_y : la resistencia a la fluencia del material usado.

c. Módulo de sección

La ecuación 1.3 muestra la fórmula para calcular el módulo de sección; A partir del módulo de sección se determina las dimensiones necesarias de la viga (Mott, 2006).

$$S = \frac{M}{\sigma_{adm}}$$

Ecuación 1.3

Dónde:

S: el módulo de sección de una viga en función de la geometría.

M: el momento de flexión en un punto de la viga

σ_{adm} : el esfuerzo máximo que se permitirá que presente el diseño.

d. Cortante doble

La ecuación 1.4 muestra la fórmula para calcular el cortante doble; el esfuerzo cortante promedio distribuido en cada área seccionada que desarrolla esta fuerza cortante (Hibbeler, 2011).

$$\tau = \frac{V}{2A}$$

Ecuación 1.4.

Dónde:

T: esfuerzo cortante promedio en la sección, que se supone es igual en cada punto situado en la sección.

V: fuerza cortante interna resultante en la sección determinada a partir de las ecuaciones de equilibrio.

A: área de sección.

e. Área de contacto

La ecuación 1.5 muestra la fórmula para calcular el área de contacto; el pasador de un pivote en un orificio puede fallar por razones diferentes a un cortante directo. Los esfuerzos de contacto se presentan siempre que dos superficies se presionan entre sí. Este esfuerzo tiende a aplastar el orificio o el pasador en vez de cortarlo.[6].

$$A_c = \frac{\pi}{4} Ld$$

Ecuación 1.5.

Dónde:

A_c : el área de contacto.

L: la longitud de contacto es decir el espesor del eslabón.

d: el diámetro del pasador.

f. Cortante por área de contacto

La ecuación 1.6 muestra la fórmula para calcular el cortante por área de contacto; una vez obtenida el área de contacto se trabajó el esfuerzo cortante como si fuese un esfuerzo cortante directo con la nueva área.

$$\tau = \frac{P}{Ac}$$

Ecuación 1.6.

g. Diámetro área de contacto

La ecuación 1.7 muestra la fórmula para calcular el diámetro del área de contacto; de las ecuaciones anteriores se puede determinar el área mínima para que el orificio no sufra aplastamiento.

$$d = \frac{4Ac}{\pi L}$$

Ecuación 1.7.

Dónde:

d: el diámetro de un área de contacto.

h. Torsión en miembros con sección transversal no circular

La ecuación 1.8 muestra la fórmula para calcular la torsión en miembros con sección transversal no circular; el comportamiento de miembros con secciones transversales no circulares, al someterse a la torsión, es radicalmente distinto al comportamiento de elementos con secciones transversales circulares. Sin embargo, los factores que más se manejan en el diseño de máquinas son el esfuerzo máximo y el ángulo total de torsión, para esos elementos. Las fórmulas de estos factores se pueden expresar en formas parecidas a las que se emplean para miembros de sección transversal circular (ejes redondos, macizos o huecos)[7].

$$\tau = \frac{T}{Q}$$

Ecuación 1.8.

Dónde:

T: momento torsor.

Q: un factor que depende de la geometría de la viga.

i. Método para determinar Q para varios tipos de secciones

La ecuación 1.9 muestra la fórmula para determinar Q; se usa la siguiente fórmula para geometrías rectangulares (Mott, 2006).

$$Q = 2 * t(a - t) * (b - t)$$

Ecuación 1.9.

Dónde:

Q: la constante usada para torsión en secciones no circulares.

t: el espesor.

a: la longitud de uno de sus lados.

b: la longitud de uno de sus lados.

j. Esfuerzo debido a flexión

La ecuación 1.10 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo debido a flexión; una viga es un elemento que soporta cargas transversales a su eje. Esas cargas producen momentos de flexión en la viga, las cuales a su vez causan el desarrollo de esfuerzos de flexión. Los esfuerzos de flexión son esfuerzos normales a tensión o compresión. El esfuerzo cortante máximo en una sección transversal de una viga está en la parte más alejada del eje neutro de la sección. En este punto, la fórmula de la flexión muestra como resultado el esfuerzo[7].

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Ecuación 1.10.

Dónde:

M: magnitud del momento de flexión en la sección.

I: momento de inercia del área transversal con respecto al eje normal al plano de la flexión.

c: distancia del eje neutro a la fibra más alejada en la sección transversal.

k. Esfuerzo normal

La ecuación 1.11 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo normal; el esfuerzo normal es la intensidad de fuerza que actúa en forma normal a un área.

La fuerza por unidad de área que soporta un material se suele denominar esfuerzo en el material, y se expresa matemáticamente en la forma (Pytel & Singer, 2008).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ecuación 1.11.

l. Esfuerzo normales combinados: Principio de superposición

La ecuación 1.12 muestra la fórmula para calcular esfuerzos normales combinados; cuando se somete la misma sección transversal de un elemento a una fuerza de tensión o compresión directa, y un momento debido a la flexión, el esfuerzo normal que resulta se puede calcular con el método de superposición, donde los esfuerzos de tensión son positivos y los de compresión son negativos [7].

$$\sigma_T = \sigma_p \pm \sigma_f$$

Ecuación 1.12.

Dónde:

σ_p : esfuerzo por tensión.

σ_f : esfuerzo por flexión.

m. Esfuerzos normales máximos. Esfuerzos principales

La ecuación 1.13 muestra la fórmula para calcular los esfuerzos normales máximos; las superficies que contienen los esfuerzos cortantes máximos también contienen esfuerzos normales iguales, los ángulos entre las superficies que contienen los esfuerzos cortantes máximos y las superficies que contienen los esfuerzos principales están a $\pm 45^\circ$ [8].

$$\sigma_{1,3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

Ecuación 1.13.

Dónde:

σ_x : esfuerzo normal aplicado en dirección x.

σ_y : esfuerzo normal aplicado en dirección y.

τ_{xy} : esfuerzo cortante aplicado en un plano xy.

n. Teoría del cortante máximo

La ecuación 1.14 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo equivalente; es una teoría empleada como criterio de falla, predice que los materiales dúctiles fallan cuando el cortante máximo (τ_{max}) es mayor que la resistencia de fluencia del corte. El corte de falla se genera en un ángulo de 45° (Mott, 2006).

$$\sigma' = |\sigma_1 - \sigma_3|$$

Ecuación 1.14.

Dónde:

σ' : esfuerzo equivalente

σ_1, σ_3 : esfuerzo principal.

o. Teoría de la energía de distorsión máxima

La ecuación 1.15 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo equivalente; es una teoría empleada como criterio de falla, a diferencia de la teoría de cortante máxima esta teoría es menos conservadora que la de tresca o cortante máximo ya que es más consistente con resultados de ensayos experimentales.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 * \sigma_3}$$

Ecuación 1.15.

p. Factor de seguridad para cortante máximo y/o energía de distorsión

Esta ecuación es análoga a la ecuación 1.2; la diferencia es que se emplea el esfuerzo equivalente de la teoría de cortante máximo o de energía de distorsión máxima.

q. Deflexiones en áreas no circulares: ecuación de compatibilidad

Cuando el sistema mecánico es hiperestático y el fenómeno a estudiar es la torsión, se debe relacionar los momentos torsores con los ángulos de rotación a través de las propiedades presentes en el material; la suma de los ángulos de torsión debe dar igual a cero, en la ecuación 1.17 se puede observar dicha igualdad.

$$0 = \frac{T_1 L_1}{G_1 K_1} + \frac{T_2 L_2}{G_2 K_2}$$

Ecuación 1.17.

Dónde:

T: momento torsor.

L: longitud.

G: depende del material.

K: la constante usada para deflexión en secciones no circulares.

r. Esfuerzo biaxial de flexión o asimétrica

La ecuación 1.18 muestra la fórmula para calcular el esfuerzo asimétrico; si el elemento a estudiar soporta cargas normales en dos planos se debe determinar el esfuerzo resultante para

esto se usa el esfuerzo biaxial que relaciona el esfuerzo producido en cada una de las cara. Con signo positivo a tensión y con signo negativo a compresión (Mott, 2006).

$$\sigma = \pm \frac{M_x Z_{max}}{I_x} \pm \frac{M_z X_{max}}{I_z}$$

Ecuación 1.18.

Dónde:

M_x, M_z : el momento máximo en cada uno de los dos planos.

Z_{max}, X_{max} : la distancia del eje neutro a la fibra más alejada de la viga en su respectivo plano.

I_x, I_z : el momento de inercia en su respectivo plano.

s. Cálculo de ángulo.

El ángulo ϕ es de 90° para el cálculo de la distancia de acople del actuador lineal y para los cálculos de fuerzas y reacciones, se analizará en este ángulo por ser el punto más crítico que soportara la estructura. Con las leyes de senos y cosenos se puede encontrar el ángulo de la fuerza F presente en el actuador; ecuación 1.19.

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{0,85 \text{sen}\phi}{0,8825 - 0,68 \text{sen}\phi} \right)$$

1.2 Grúas para personas con discapacidad motriz.

Se define grúa como una máquina empleada para elevar y transportar carga de un lugar a otro. Se puede movilizar la carga verticalmente dependiendo de la longitud del mástil y horizontalmente dependiendo del brazo de la grúa. Para esto se usa un gancho en el extremo de la grúa para fijar ahí la carga a trasladar por el aire.

Existen diferentes tipos de grúas usadas para el traslado y posicionamiento de personas que no puede moverse por sí solas, su sistema está diseñado para proporcionar seguridad, comodidad y facilidad de adquisición para las personas que necesitan adquirirlas. En la provincia de Imbabura no se encuentra este tipo de grúas en los hospitales públicos, ya que no se encuentra a la venta en Imbabura por ende es poco probable encontrar una grúa en algún centro de rehabilitación. Se puede adquirir una de estas grúas haciendo la importación de otros países, variando su precio según la marca o características de la grúa, dependiendo de las características que desee el usuario y/o el lugar donde se va a emplear, por este motivo se clasificará a las grúas en dos tipos: grúas móviles y grúas fijas.

Para el uso de este tipo de grúa se emplea un arnés o camilla especial para poder trasladar al paciente. Según el tipo de dolencia o discapacidad se emplea un determinado tipo de arnés.

1.2.1 Grúa fija.

Permiten el traslado del paciente de cama a silla de ruedas y viceversa pero en un lugar fijo sin la posibilidad de hacer el traslado en alguna otra posición o lugar. Son fijadas una sola vez para su uso continuo. La ventaja de este tipo de grúa para pacientes con discapacidad motriz es que ocupa un mínimo de espacio y es por esto que este tipo de grúa se hacen idóneas para recámaras con un pequeño espacio libre, sin embargo este tipo de grúa tiene la limitante que la mayoría de ellas solo se pueden trasladar pacientes en la posición de sentado o semi acostado, debido a que están empotradas junto a la pared y la cama, no hay espacio suficiente para que la persona pueda ser trasladada recostada o trasladado en camilla.

a. Grúa empotrada en piso.

En la figura 1.1 se puede observar un tipo de grúa se encuentra empotrada en la pared y el piso cerca al espaldar de la cama o camilla del paciente, su costo es menor pero impide el traslado de la grúa, delimitando así su uso para un solo paciente. Su uso se hace necesario si el paciente tiene discapacidad motriz permanente, debido a no ser movable la grúa esta no puede ser usada por dos personas a la vez y según el espacio en donde este la grúa no puede trasladar pacientes que necesiten que su traslado sea semi acostado o acostado totalmente en un arnés, delimitando así su uso en pacientes que no necesiten ser trasladados en forma horizontal.

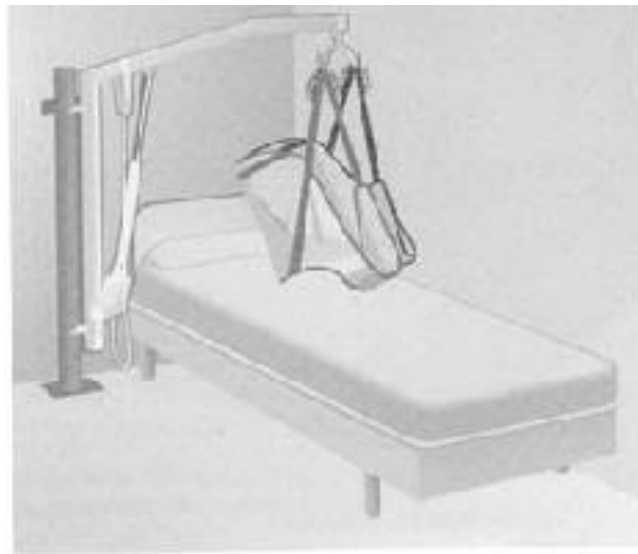


Figura 1.1 Grúa fija [9].

b. Grúa de piscina.

En la figura 1.2 se puede observar una grúa que se encuentra empotrada en el piso, está diseñada para ingresar a la persona a la piscina para procesos de rehabilitación. Su uso en la mayoría de ocasiones es hospitalario por el mismo hecho de que se emplea para rehabilitación, la grúa debe contar con un acabado especial para evitar corrosión del material. Debe estar separado de los pasamanos de la piscina para evitar choques del usuario. El piso

junto a la grúa debe ser con un coeficiente de rugosidad alto para poder maniobrar la silla de ruedas con seguridad y que el operador pueda trasladarse sin ningún problema.



Figura 1.2 Grúa para piscina. (Guztiona, 2012)

c. Grúa para techo.

En la figura 1.3 se puede observar claramente que se debe instalar un riel para poder sujetar el sistema de la grúa y pueda trasladarse por todo lugar donde se encuentre el riel. Esta debe ser posicionada estratégicamente debido a que solo podrá seguir el camino trazado. Este tipo de grúa conlleva un gasto extra debido a que se tiene que acondicionar el techo para su uso. Su acceso se limita a la recámara del paciente, caso contrario se debe eliminar marcos de puertas y su acceso en ascensores es imposible.



Figura 1.3 Grúa para Techo[10].

1.2.2 Grúa móvil.

Tienen en su base ruedas que permiten su desplazamiento en lugares planos. Para su desplazamiento se debe tener un espacio mínimo, este tipo de grúas pueden ser usadas para trasladar pacientes en distintas condiciones como: cama- cama, cama- silla de ruedas y cama- baño, este tipo de grúas son más usadas debido a que pueden ser empleadas por más de una

persona. Dependiendo de las marcas existentes, se encuentran grúas de distintos precios dependiendo de la carga a soportar, del material usado y aditamentos extras.

a. Grúa para arnés.

En la figura 1.4 se puede observar una grúa para colocar un arnés, su uso es para trasladar pacientes desde la cama o camilla a la silla de ruedas y viceversa, según el tipo de enfermedad o discapacidad se usa un arnés específico. La grúa cuenta con un mando para bajar o subir el brazo superior horizontal a diferentes alturas evitando así choques con objetos en la recámara, consta en sus ruedas traseras con frenos para poder posicionar al paciente en la grúa sin ningún riesgo.



Figura 1.4 Grúa de arnés [11].

b. Grúa de camilla.

En la figura 1.5 se usa si el traslado del paciente debe ser en forma horizontal, para cambiar de cama a camilla y viceversa. El uso de este tipo de grúa debe ser en lugares muy amplios debido a que tiene que girar con la camilla en posición horizontal, de la misma forma cuenta con frenos en sus ruedas traseras para evitar riesgos en pisos inclinados. Este tipo de grúa es más de uso hospitalario debido a que es aquí donde más se necesita trasladar pacientes en forma horizontal, su diseño es más robusto para soportar grandes cargas, debido a que en ellas también se pueden trasladar mujeres embarazadas.



Figura 1.5 Grúa de camilla [12].

c. Grúa de baño.

En la figura 1.6 se puede observar que tiene un apoyo en el mástil para proporcionar un soporte mayor a la persona discapacitada al momento de ir hacer sus necesidades cotidianas. El arnés se usa en la espalda y por debajo de los brazos para dejar libre las sentaderas de la persona, este tipo de grúa se usa dependiendo de la enfermedad o discapacidad que tenga la persona para que no afecte su estado de salud. Su mástil es más corto de lo normal debido a que la persona va semi vertical.



Figura 1.6 Grúa de Baño [13].

1.3 Actuador lineal

Un actuador lineal eléctrico es un dispositivo que convierte el movimiento de rotación de un motor de corriente continua de baja tensión en movimiento lineal, es decir, los movimientos de empuje y halado [14]. De esta manera es posible elevar, ajustar, inclinar, empujar o halar objetos pesados o difíciles de alcanzar con solo pulsar un botón [15].

La instalación de un actuador es muy fácil en comparación con los sistemas hidráulicos y el espacio requerido es mucho menor, ya que no tiene bombas o mangueras [15].

1.4 Microcontroladores PIC.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado [16].

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico encapsulado en un circuito de alto nivel de integración. Los microcontroladores se pueden adquirir comercialmente de diferentes casas fabricantes [17].

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada [16].

1.5 Fuente de energía eléctrica.

En la figura 1.7 se puede observar la fuente de energía; se llama fuente de alimentación eléctrica al elemento responsable de generar la diferencia de potencial necesaria para que fluya la corriente eléctrica por un circuito y así puedan funcionar los dispositivos conectados a este [18]. Las baterías y los generadores pueden considerarse aproximaciones de fuentes de tensión ideal [19]. Una batería contiene diferentes elementos químicos que se transforman en energía eléctrica para su uso. Las más empleadas y conocidas son las de plomo-ácido, níquel-hierro, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico, iones de litio, polímero de litio. Por este motivo, en la actualidad se encuentra una amplia gama de fuentes eléctricas (pilas, baterías), todo depende de la aplicación, encontrándose fuentes recargables y no recargables, a distinta tensión y amperaje.



Figura 1.7 Baterías [20].

1.6 Sistema de control.

En la figura 1.8 se observa un sistema de control automático. Una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema. Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal $r(t)$ a manera de entrada para obtener una respuesta o salida $y(t)$, puede representarse mediante bloques [21].

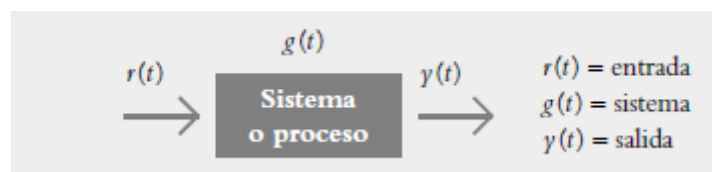


Figura 1.8 Proceso de control [21].

Los sistemas de control se clasifican en dos tipos: lazo abierto o no automático y de lazo cerrado o automático. Para controlar la salida se debe tomar en cuenta qué señal es la que está ingresando al sistema por eso se da una salida proporcional a la entrada deseada.

1.6.1 Sistema de control de lazo abierto.

Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. Este tipo de sistemas por lo general utiliza un regulador o actuador con la finalidad de obtener la respuesta deseada [21].

Por lo general los sistemas de lazo abierto tienen como control el ajuste de tiempo de activación del sistema; un ejemplo claro se puede observar en la figura 1.9 en una tostadora donde se ajusta el tiempo que se quiere que el pan se tueste.

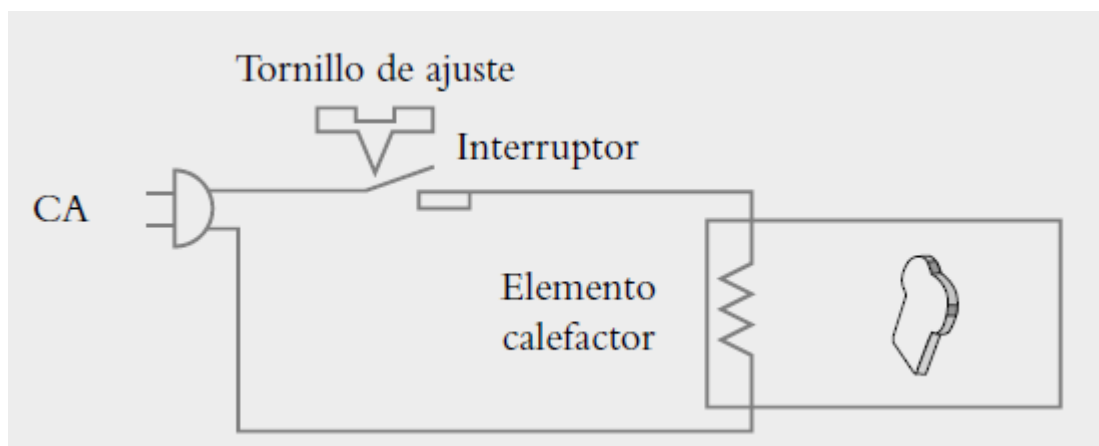


Figura 1.9 Control de lazo abierto [21].

1.6.2 Sistema de control de lazo cerrado

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. Por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados. El término *retroalimentar* significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar [21]. El controlador PID es la solución más común a los problemas prácticos de control [22].

En la figura 1.10 se observa un tostador automático, ya que tiene un sensor para determinar cuándo el pan está listo, independientemente del tiempo que transcurra.

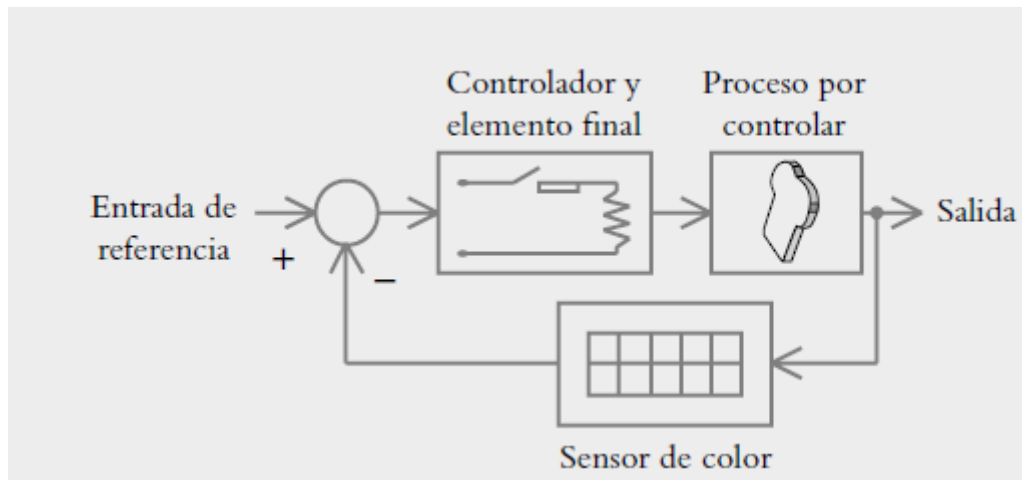


Figura 1.10 Control de lazo cerrado [21].

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Investigación

El primer paso es plantear y formular el problema que se va a tratar, en este caso es el riesgo de que el enfermero o cuidador de la persona con deficiencia motriz sufra algún tipo de condición o enfermedad por el traslado de la persona con discapacidad motriz desde la cama a silla de ruedas y viceversa.

Seguidamente se procede a recaudar información respecto al mismo, es la fase en la cual se procede a la revisión de libros, revistas, artículos científicos obtenidos en la biblioteca virtual de la universidad técnica del norte que permitan obtener ideas de cómo diseñar y construir la grúa para personas con discapacidad motriz.

Paralelamente se entrevistará a un especialista en medicina para conocer cómo puede afectar a la salud del enfermero o cuidador realizar la tarea de trasladar al paciente desde la cama a la silla de ruedas y viceversa todos los días.

Se visitarán centros hospitalarios para determinar las condiciones del lugar, espacios físicos y accesibilidad.

Se investigarán los pesos máximos que va a soportar la grúa según la población latinoamericana por medio de investigaciones realizadas sobre dicho tema.

2.2 Diseño mecánico

Se plantea una serie de requerimientos ergonómicos y mecánicos que debe cumplir la solución del problema, se procede a investigar y determinar las dimensiones que va a tener la grúa para su fácil acceso en centros hospitalarios y domésticos.

Se procede a generar diferentes propuestas de solución, entre ellas se elige el diseño que mejor cumpla con los requisitos ergonómicos y de espacio.

Para la selección del material para la estructura de la grúa se consideró el límite de fluencia, otro factor importante es que sea de uso comercial amplio debido a que si el material no es de uso común su costo aumentará considerablemente, y por último se tomará en cuenta que sea fácilmente soldable, con esto se puede optimizar costos en la mano de obra al momento de ensamblar.

Para la selección de la geometría y el espesor de cada una de las vigas se considerará con el peso máximo en la posición crítica. Se considera también el caso en que la persona empiece a moverse en el transcurso del traslado, provocando así el efecto péndulo y produciéndose torsión en algunos miembros de la grúa.

2.3 Diseño electrónico

Para el diseño electrónico se determinará el tipo de actuador que se va implementar, teniendo en cuenta la carga a soportar, la tensión a usar y la intensidad de corriente.

Se determinará la carrera del actuador, el tipo de accionamiento del motor, el tamaño de la instalación y las sujeciones que debe presentar.

Se implementará un circuito que separe la parte de baja tensión con la de alta tensión para evitar corrientes parásitas y ruidos que podrían hacer que el sistema funcione inadecuadamente, por medio de un optoacoplador.

2.4 Construcción

Una vez terminado los diseños mecánico y electrónico se procede a diseñar los planos que son de suma importancia debido a que en estos se debe basar para la manufactura de la grúa, y en caso de querer replicar el dispositivo se podrá realizar esta operación de forma fácil y rápida, realizados los planos se procede a adquirir los materiales pertinentes, se procede a hacer las pruebas pertinentes en personas con distinta edad, peso y altura, por medio del levantamiento y descendimiento de la persona en la grúa y desplazándola al lugar donde se encontrará la silla de ruedas o cama, de esta forma la grúa para personas con discapacidad motriz quedará validada.

2.5 Manual de usuario

Se creará un manual de usuario para el uso correcto de la grúa, con imágenes ilustradas y datos de seguridad a tener en cuenta por parte de la persona encargada de operar la grúa. Para establecer el uso correcto de la grúa se basara en manuales de grúas comerciales similares y en correcciones basadas en las pruebas del dispositivo construido.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DEL PROTOTIPO

3.1 Diseño mecánico

Como pre requisito para el uso y traslado de la grúa para pacientes con discapacidad motriz se deben determinar las dimensiones de los lugares por donde debe trasladarse y los objetos en los que debe posicionarse como pueden ser: pasillos, puertas, cama, camilla, silla de ruedas y ascensores; todas estas medidas fueron obtenidas de un centro hospitalario en la ciudad de Ibarra.

Del centro hospitalario se pudieron obtener las medidas máximas que deberá tener la grúa para la transferencia de personas con discapacidad motriz, de esto se obtiene que la altura máxima será de 1,75 m, ancho de 0,72 m y una profundidad de 1,3 m.

La grúa está diseñada para soportar a personas con un peso no mayor a 120 kg y una altura máxima de 1,80 m, estas características antropométricas se encuentra determinadas en el alcance del problema.

3.1.1 Pre-Diseños

a. Por tipo de actuador

En el figura 3.1 se puede ver que el actuador usado es un motor de corriente de continua con esto la estructura sería totalmente fija y el traslado del paciente sería a través de un cable que será tensionado por el motor de corriente continua, el problema de este diseño será que tendrá un gran momento en el mástil que puede afectar el correcto funcionamiento de la grúa.

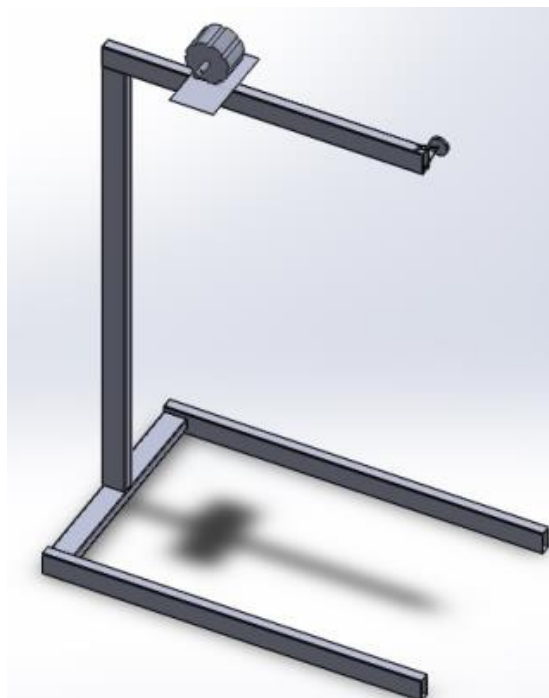


Figura 3.1 Modelo propuesto con motor.

En la figura 3.2 se puede observar el modelo propuesto con un actuador lineal; el actuador lineal convierte el giro de un motor de corriente continua a un movimiento lineal a través de un tornillo sin fin, por la característica del actuador se puede observar que el brazo superior de la grúa va a tener un movimiento ascendente/descendente, con esto se puede contrarrestar el momento producido por el peso de la persona.



Figura 3.2 Modelo propuesto con actuador lineal.

b. Por estructura

En la figura 3.3 se observa un sistema de tres ruedas, el cual consta de dos frenos en sus ruedas delanteras para evitar el desplazamiento de la grúa al momento de posicionar al paciente en la misma. Cuando se debe posicionar la grúa al costado de la cama se tiene una gran dificultad para colocar los frenos, si se pone un solo freno al final del mástil no se podría asegurar la permanencia de la grúa en la posición inicial.



Figura 3.3 Modelo propuesto con estructura de tres ruedas.

En la figura 3.4 se observa un sistema, el cual constará con un par de frenos en las ruedas traseras, con lo cual se asegura la permanencia estática de la grúa al momento de accionarlos. Su traslado será fácil debido a tener una gran estabilidad por tener en su estructura cuatro ruedas.

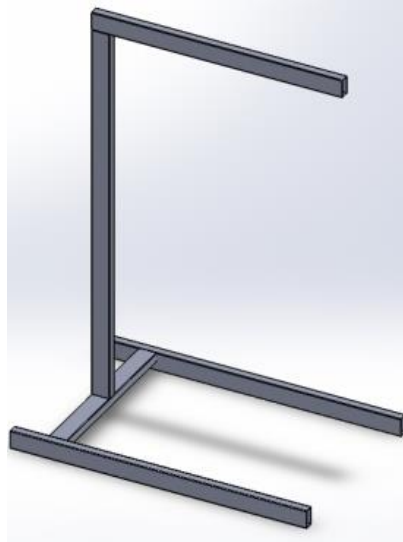


Figura 3.4 Modelo propuesto con estructura de cuatro ruedas.

3.1.2 Selección de la mejor solución.

Para la selección de la mejor solución se genera una tabla de valores en la cual el valor de 1 representa malo, 2 neutro y 3 bueno. Se tomará en cuenta el ruido, frenos, efecto péndulo y estabilidad. Se analiza estas características para que el usuario y la persona encargada del mismo sientan total seguridad al momento de usar el dispositivo.

Tabla 3.1 Tabla comparativa de diseños mecánicos.

Grúa	Motor CC Sistema tres ruedas	Motor CC Sistema cuatro ruedas	Actuador lineal Sistema tres ruedas	Actuador lineal Sistema cuatro ruedas
Ruido	2	2	3	3
Freno	1	3	1	3
Efecto péndulo	2	2	2	2
Estabilidad	2	3	2	3
Total	7	10	8	11

De la tabla 3.1 se puede observar el total de cada una de las combinaciones de grúas posibles, la combinación de una estructura de cuatro ruedas con un actuador lineal es la que obtiene el mayor valor total siendo la seleccionada como la mejor solución.

3.1.3 Croquis y dimensionamiento del diseño seleccionado

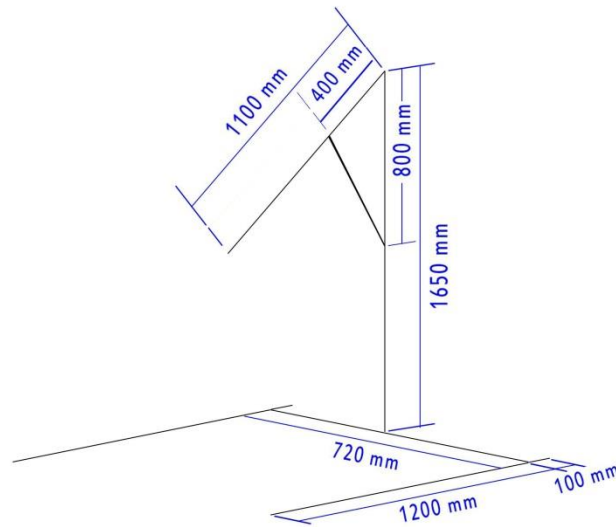


Figura 3.5 Croquis de grúa.

3.1.4 Diseño del brazo horizontal superior

En la figura 3.6 se muestra la distancia de acople del actuador donde el eje X es la masa de las personas en kilogramos, el eje Y es la fuerza necesaria para la elevación del usuario en newtons y las líneas generadas es la distancia existente entre la unión del mástil con el brazo horizontal superior al punto de apoyo del actuador.

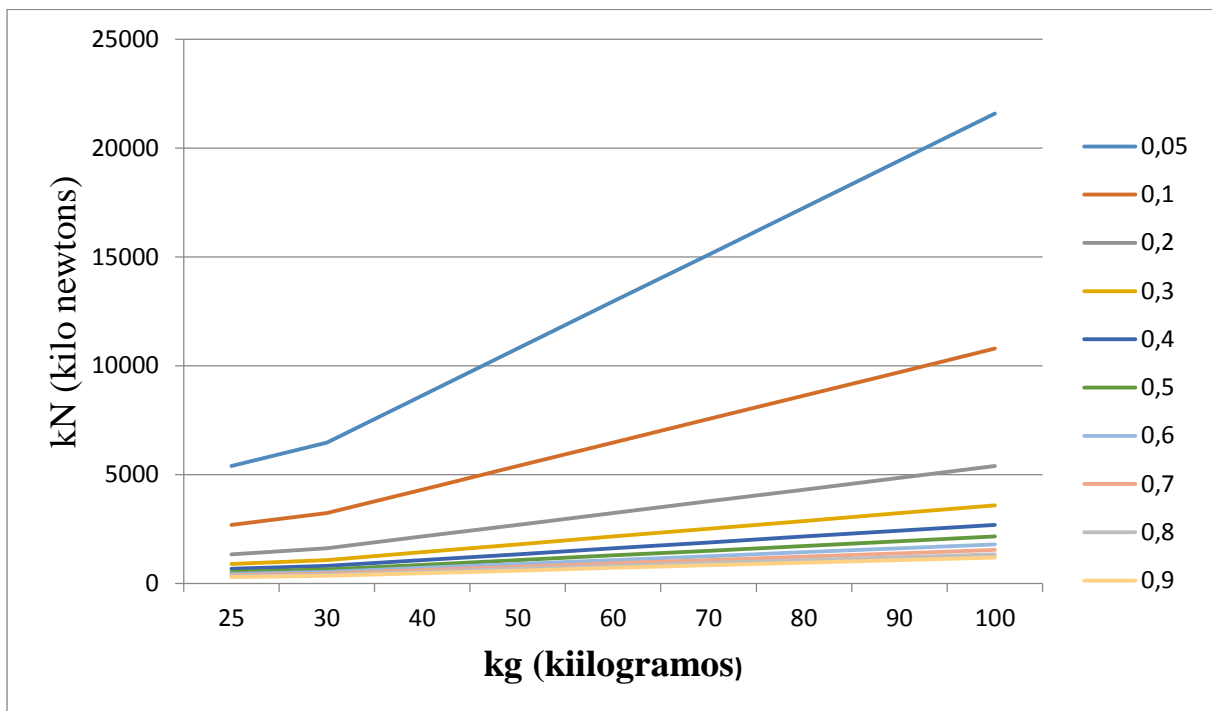


Figura 3.6 Distancia de acople del actuador.

Para la selección del punto de apoyo en el brazo horizontal se consideraron varias cargas equivalentes a pesos de personas y a distintas distancias se coloca el punto de apoyo del actuador lineal, de lo cual se puede observar que a partir de 0,4 m la carga producida por el peso de la persona se vuelve estable. Por este motivo se tomó de apoyo este punto para posicionar el actuador. El eje de coordenadas se posiciona en la unión entre el mástil y el brazo horizontal superior.

Con el actuador lineal en la posición indicada en la figura 3.7 se calcula las reacciones que sufrirá este y el mástil, a su vez calcular la cortante y el momento flector producidos en cada tramo de la viga.

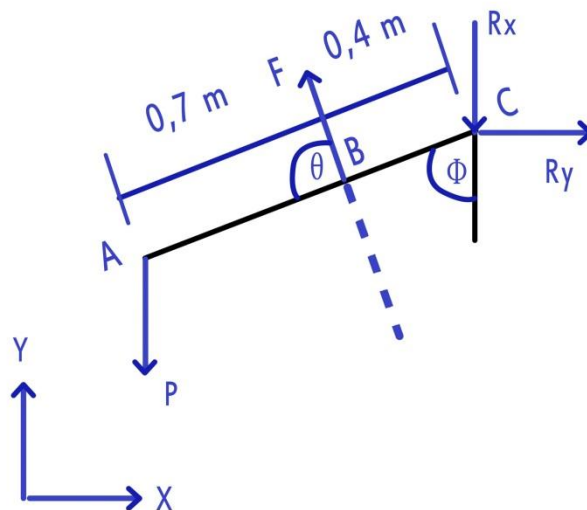


Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre de brazo horizontal superior.

La carga máxima se produce cuando el ángulo ϕ es de 90 grados, el brazo queda horizontalmente y se alinea con respecto al eje X, la fuerza F del actuador se descompone para encontrar las fuerzas B_x y B_y , las reacciones en C se llaman C_x y C_y en esta posición se encuentra las cargas con la ecuación 1.19.

$$B_x = 1618,65 \text{ N}$$

$$B_y = 3237,3 \text{ N}$$

$$C_x = 1618,65 \text{ N}$$

$$C_y = 2060,1 \text{ N}$$

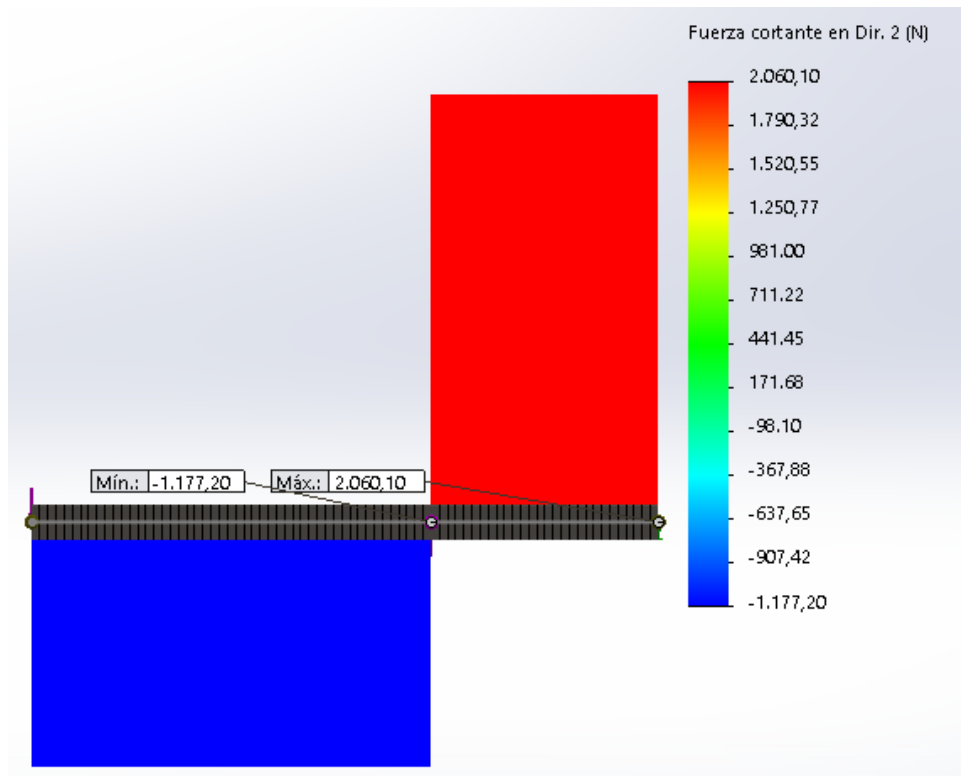


Figura 3.8 Fuerza cortante del brazo horizontal superior.

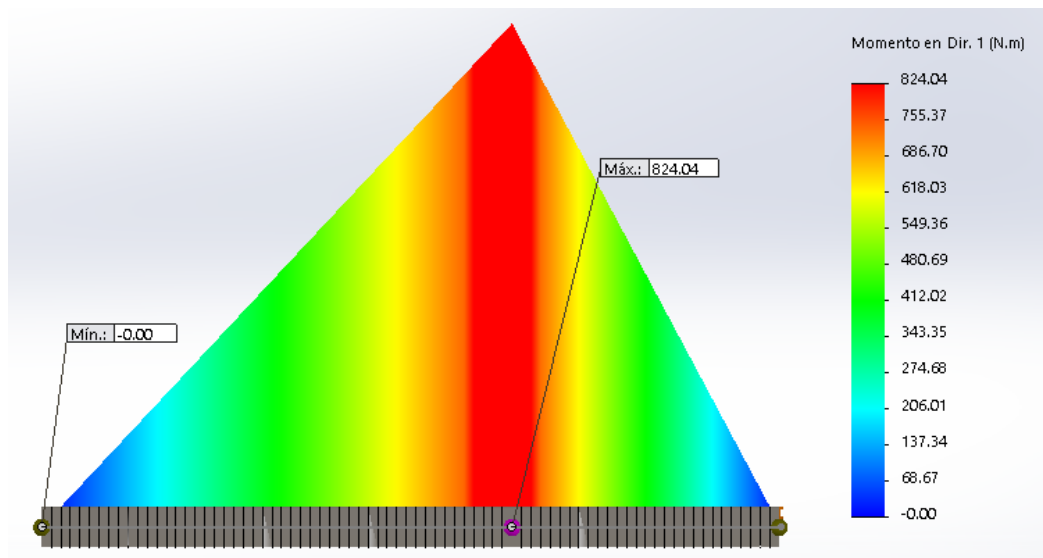


Figura 3.9 Momento flector del brazo horizontal superior.

Para seleccionar las dimensiones de la viga se usará la ecuación 1.3, para ello primero se debe saber cuál es el esfuerzo admisible con la ecuación 1.2. En diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño se usa un factor de seguridad ente 2,5 a 4.

$$\sigma_{adm} = \frac{352 \text{ MPa}}{2,5} = 140,8 \text{ MPa}$$

Obteniendo un esfuerzo admisible de 140,8 MPa, con este valor ya se puede calcular el módulo de sección con la ecuación 1.3

$$S = \frac{824 \text{ Nm}}{140,8 \text{ MPa}} = 5,85 \text{ cm}^3$$

Este valor es el mínimo necesario para asegurar que se cumpla con el factor de seguridad antes seleccionado.

Se empleó un catálogo de la empresa Ipac para seleccionar la sección que mejor se aproxime a los cálculos obtenidos, anexo 2.

Se produce una carga axial en la viga insignificante para el cálculo del esfuerzo, el tornillo de la viga se calculara con un cortante doble, se usará el mismo factor de seguridad.

$$\tau_{adm} = \frac{0,577 * 830 \text{ MPa}}{2,5} = 191,6 \text{ MPa}$$

Con esto se calcula el diámetro mínimo para tener el factor de seguridad idóneo.

$$d = \sqrt{\frac{2 * 2620 \text{ N}}{191,6 \text{ MPa} * \pi}} = 3 \text{ mm}$$

Debido a la carga presente se analiza también la deformación que puede producirse en el orificio donde va el perno de sujeción, por lo que se recalcula el diámetro requerido para evitar esta deformación.

$$Ac = \frac{\pi}{4} Ld = 1,86 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$d = \frac{4Ac}{\pi L} = 5,92 \text{ mm}$$

El diámetro correcto es el mayor de los dos.

Se obtuvo un factor de seguridad de 4,33 con el tornillo DIN 8.8 de acero al carbono.

3.1.5 Diseño Mástil

En la figura 3.10 se muestra la distancia de acople del actuador donde el eje X es la masa de las personas en kilogramos, el eje Y es la fuerza necesaria para la elevación del usuario en newtons y las líneas generadas es la distancia existente entre la parte superior del mástil con el punto de apoyo del actuador.

Para identificar la posición idónea de donde va a estar sujeto el actuador lineal en el mástil se tendrá en cuenta la carrera del actuador lineal y que el momento generado por la elevación del paciente este en los rangos permitidos.

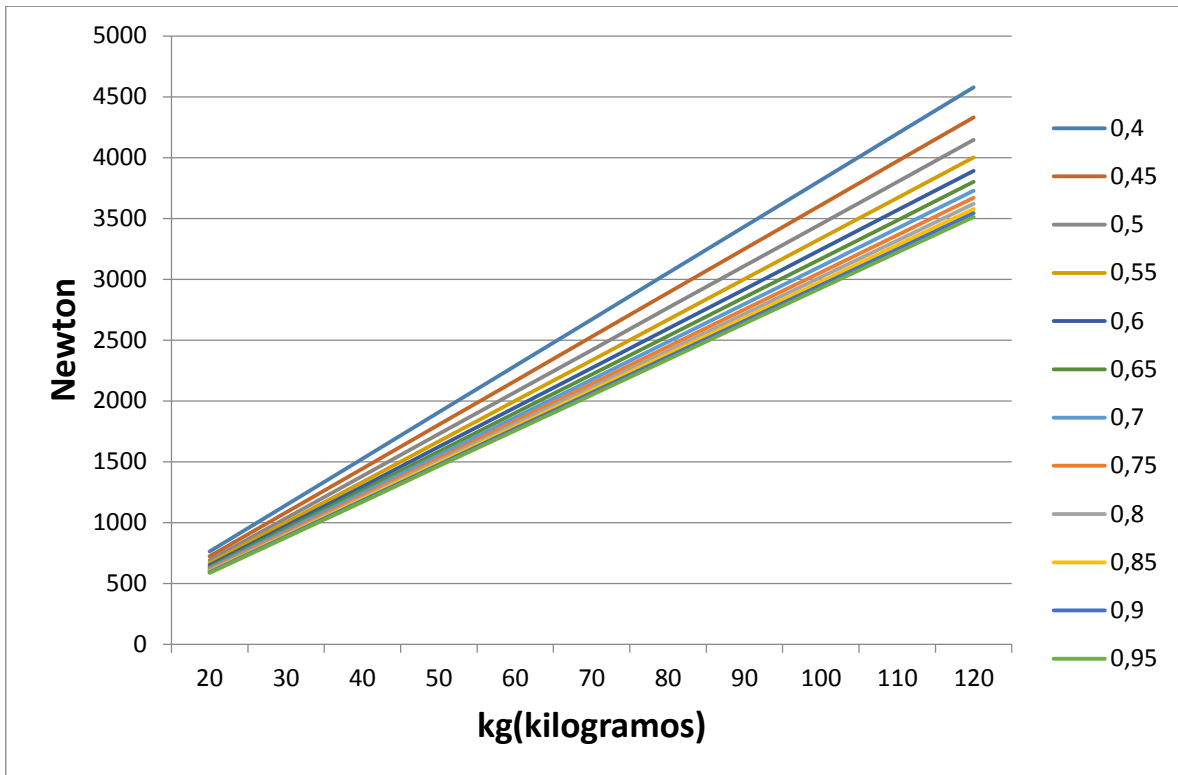


Figura 3.10 Distancia de acople del actuador del mástil

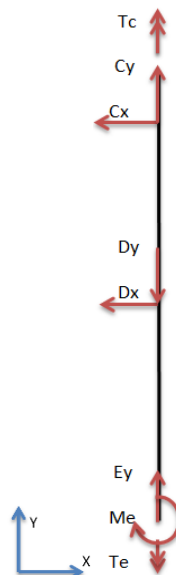


Figura 3.11 Diagrama de cuerpo libre del mástil.

$$\begin{aligned} C_x &= 1618,65 \text{ N} \\ C_y &= 2060,1 \text{ N} \\ M_c &= 1295 \text{ N.m} \\ T_c &= 1195,16 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_x &= 1618,65 \text{ N} \\ D_y &= 3237,3 \text{ N} \\ E_y &= 1177,2 \text{ N} \\ M_e &= 1295 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Te= 1195,16 N.m

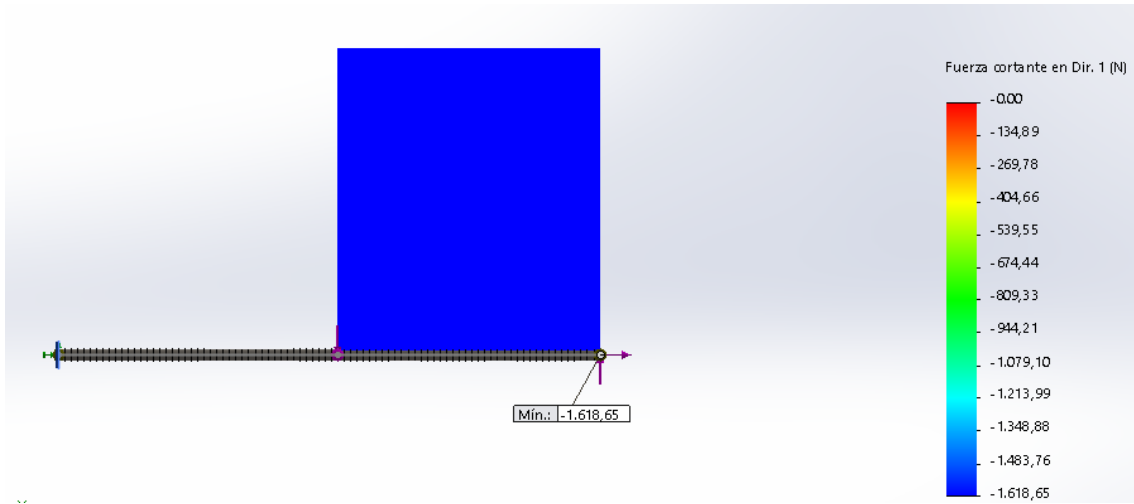


Figura 3.12 Fuerza cortante del mástil.

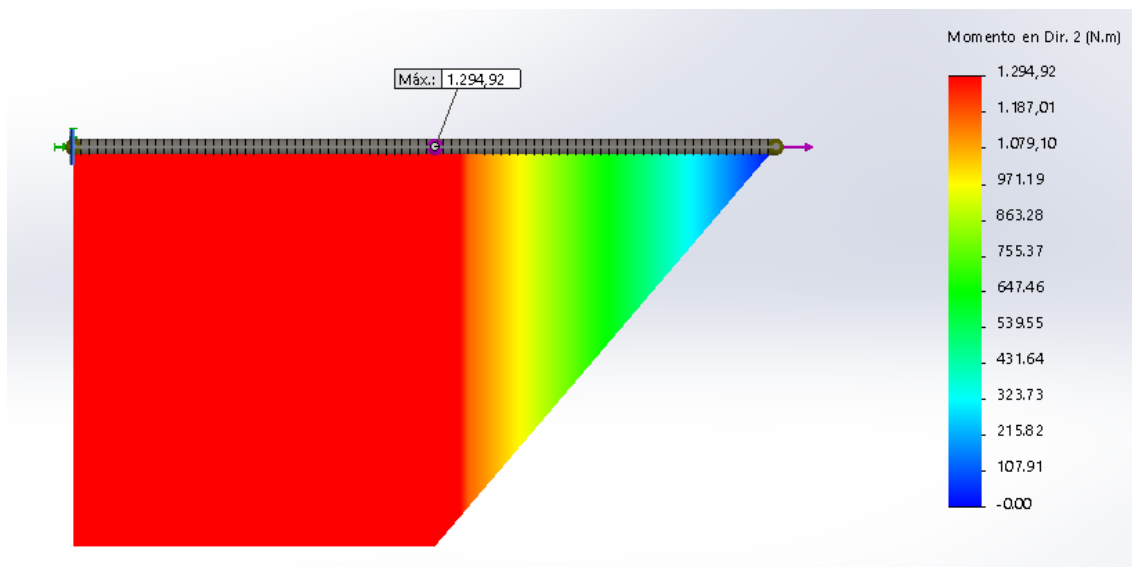


Figura 3.13 Momento Flector del mástil.

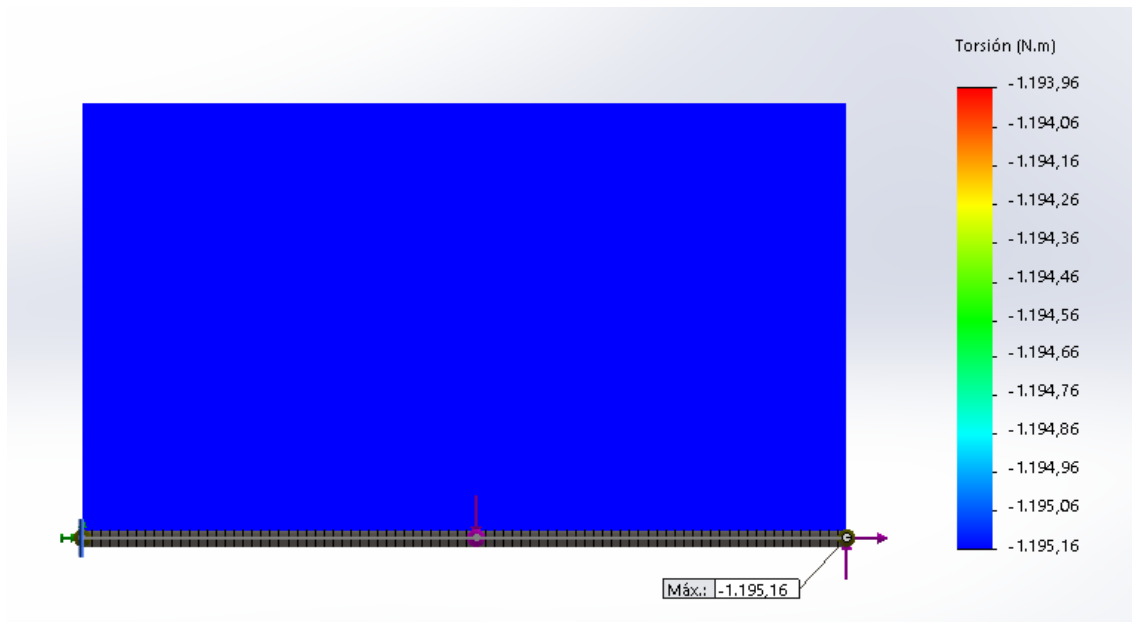


Figura 3.14 Torsión del mástil.

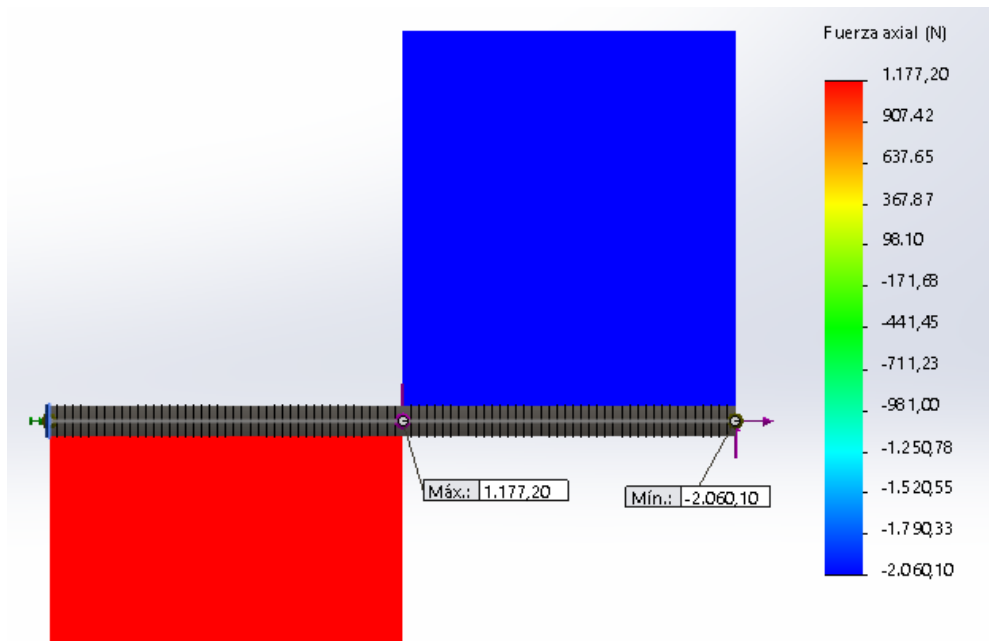


Figura 3.15 Carga Axial del mástil.

Al tener esfuerzos combinados se debe calcular los esfuerzos principales, y esfuerzo cortante, la sección crítica es a 0,85 m de la base. Se usa la ecuación 1.8 para calcular la torsión.

$$\tau = \frac{1195,16}{1,95 \times 10^{-5}} = 61,31 \text{ MPa}$$

El esfuerzo provocado por la flexión se calculará con la ecuación 1.10.

$$\sigma_f = \frac{1295,92 \times 0,03}{3,7 \times 10^{-7}} = 104,6 \text{ MPa}$$

El esfuerzo presente debido a la carga axial se calculará con la ecuación 1.11.

$$\sigma_c = \frac{1177,2}{6,84 \times 10^{-4}} = 1,72 \text{ MPa}$$

Esfuerzos normales combinados: Principio de superposición se calcula con la ecuación 1.12.

$$\sigma_T = (104,6 + 1,72) \text{ MPa} = 106,31 \text{ MPa}$$

Cálculo de esfuerzos principales empleando la ecuación 1.13.

$$\sigma_{1,3} = \frac{106,3}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{106,3}{2}\right)^2 + 61,3^2}$$

$$\sigma_1 = 134,3 \text{ MPa}; \sigma_3 = -27,98 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad según la teoría del esfuerzo cortante máximo se calcula con la ecuación 1.14.

$$\sigma' = 162,3 \text{ MPa}$$

Se determina el factor de seguridad con la ecuación 1.2.

$$N = \frac{352 \text{ MPa}}{162,3 \text{ MPa}} = 2,2$$

Según la teoría de energía de distorsión se calcula el esfuerzo equivalente con la ecuación 1.15.

$$\sigma' = \sqrt{134,3^2 + 27,98^2 - ((134,3) \times (-27,98))} = 150,26 \text{ MPa}$$

Con esto ya se calcula el factor de seguridad del mástil con la ecuación 1.2.

$$N = \frac{352 \text{ MPa}}{150,26 \text{ MPa}} = 2,34$$

3.1.6 Diseño de la base horizontal

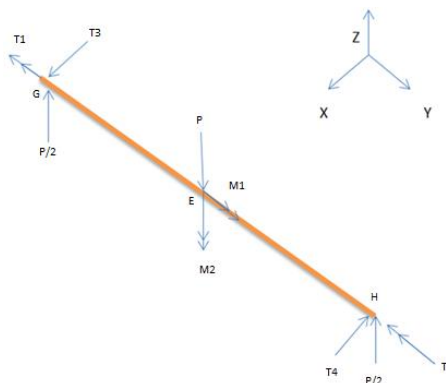


Figura 3.16 Diagrama de cuerpo libre de la base horizontal.

Donde $M1, P, P/2$ son datos conocidos; $T1, T2$ son momentos torsores; $T3, T4$ son fuerzas para mantener el equilibrio del sistema.

$$T1=T2= 647,5 \text{ N.m}$$

$$T3=T4=2286,5 \text{ N}$$

$$P=1177,2 \text{ N}$$

$$M1=1295 \text{ N.m}$$

$$M2=1646,31 \text{ N.m}$$

Los momentos flectores en los ejes X y Z resultantes debido a las cargas transversales son:

$$M_x=212 \text{ N.m}$$

$$M_z=823,14 \text{ N.m}$$

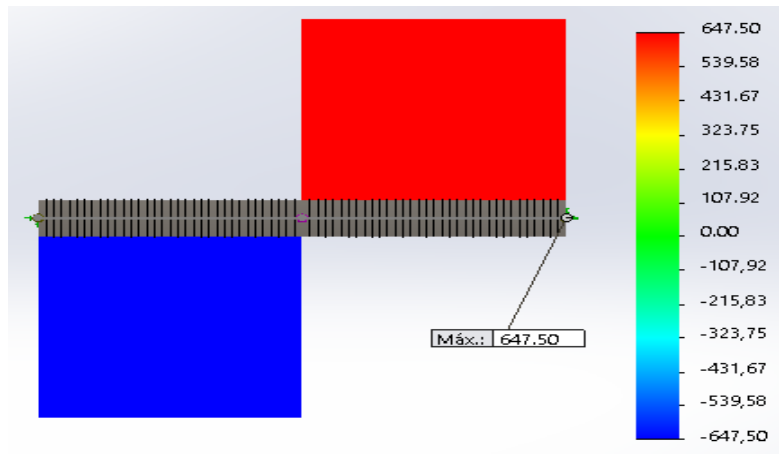


Figura 3.17 Momento torsor en la base horizontal.

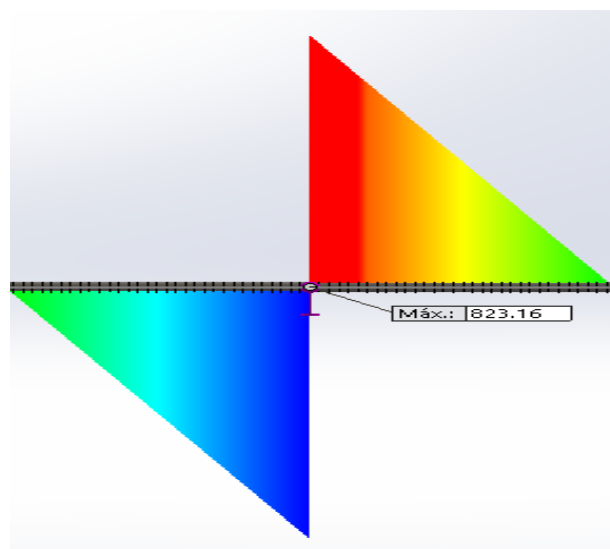


Figura 3.18 Momento flector M_z en la base horizontal.

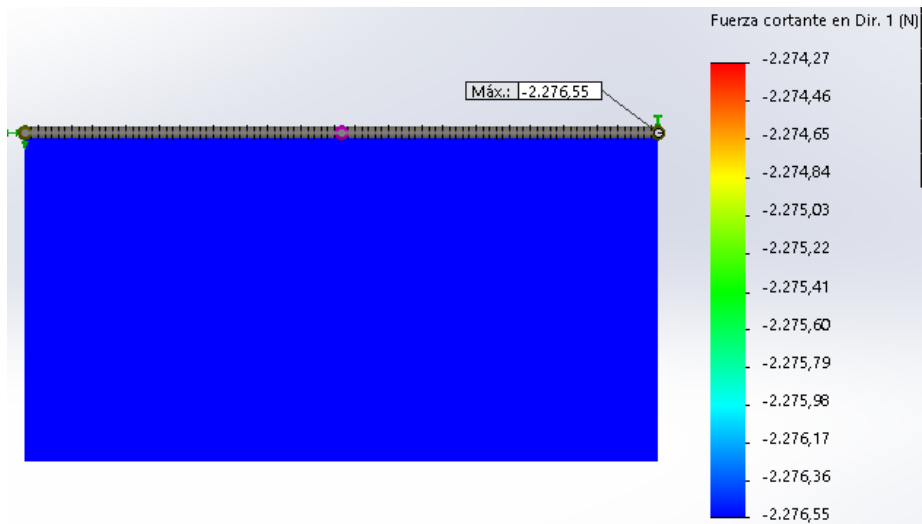


Figura 3.19 Fuerza cortante en V_x de la base horizontal.

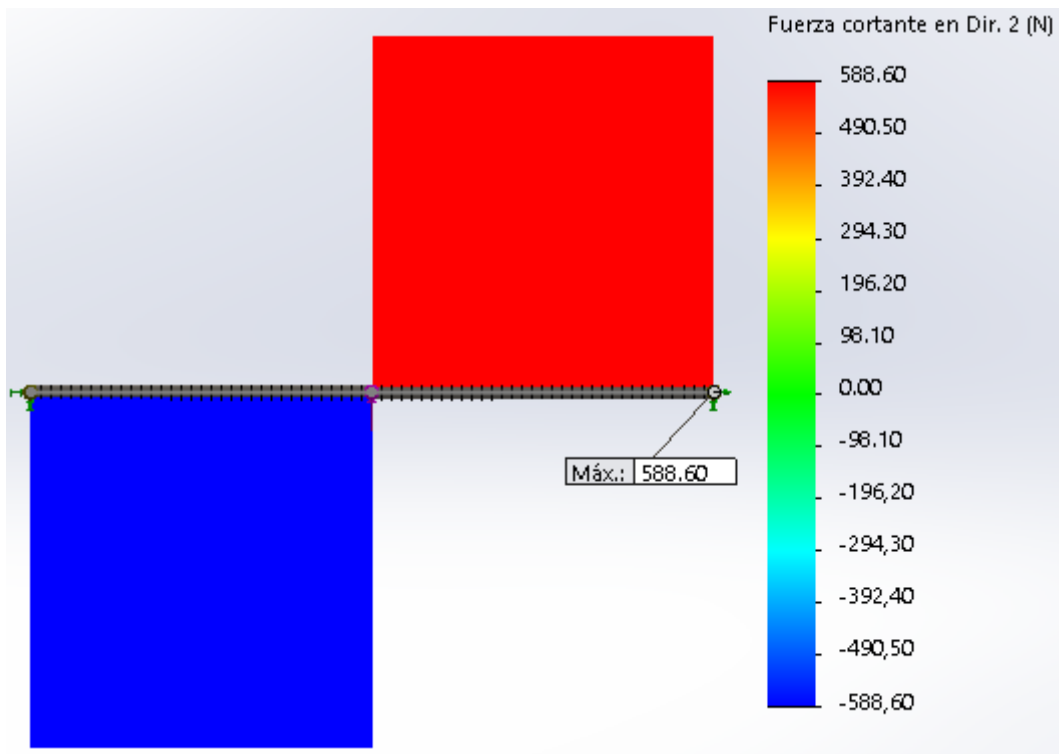


Figura 3.20 Fuerza cortante en V_y de la base horizontal.

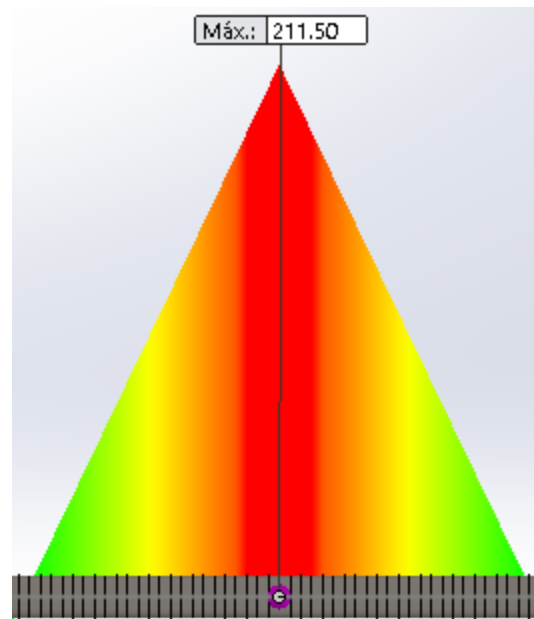


Figura 3.21 Momento flector en Mx de la base horizontal.

Debido a que existe torsión en la viga se selecciona un perfil cuadrado, además como existe esfuerzo biaxial a tensión y compresión se analiza y se determina que se diseñará a tensión.

Debido a que la viga es cuadrada, la inercia y el filamento más lejano de la viga serán los mismos en X y en Z. Se igualan los momentos y se despeja de la ecuación de esfuerzo biaxial.

$$\sigma = \frac{(Mx + Mz)}{S}$$

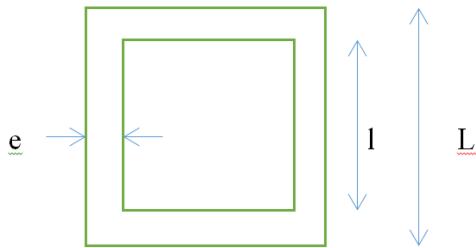
$$\sigma = \frac{1035,2}{S}$$

La torsión existente se deja expresada en función de Q.

$$\tau = \frac{647,5}{Q}$$

Se realiza una relación entre S y Q en la ecuación 1.13 y con ello se calculan los esfuerzos principales.

$$\sigma_{1,3} = \frac{1035,2}{2S} \pm \sqrt{\left(\frac{1035,2}{2S}\right)^2 + \left(\frac{647,5}{Q}\right)^2}$$



$$S = \frac{I}{c} = \frac{L^4 - l^4}{6L}$$

$$Q = L - l * \left(\frac{L}{2} + \frac{l}{2} \right)^2$$

Dónde:

L: longitud externa de la viga cuadrada.

l: longitud interna de la viga cuadrada.

e: espesor de la viga cuadrada.

Reemplazando S y Q en la ecuación 1.13 se obtiene los esfuerzos principales.

$$\sigma_1 = 136,2 \text{ MPa}; \sigma_3 = -16,99 \text{ MPa}$$

Con los esfuerzos principales se puede calcular el factor de seguridad con la ecuación 1.2, para ello se usará la teoría de falla de la energía de distorsión.

$$\sigma' = 145,47 \text{ MPa}$$

$$N = 2,42$$

3.1.7 Diseño base lateral

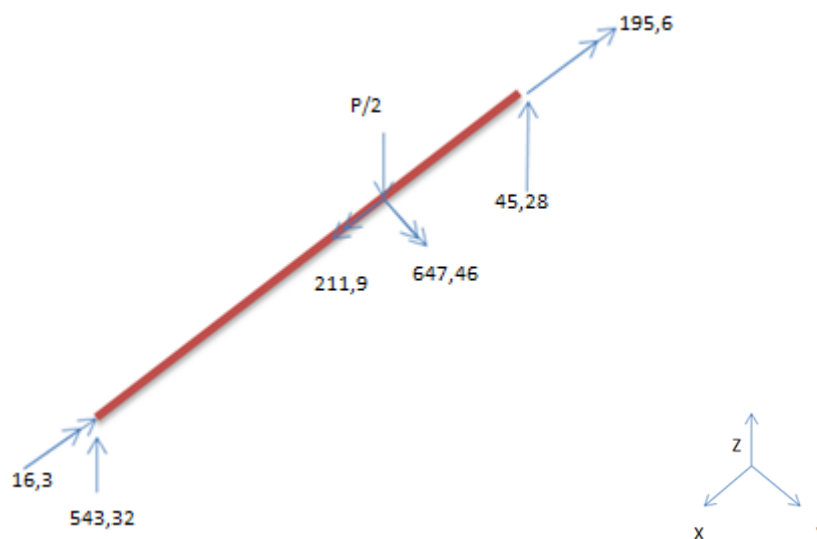


Figura 3.22 Diagrama de cuerpo libre de la base lateral.

Se usará el mismo sistema de referencia que para la base horizontal.

Se calculan las incógnitas que son los momentos torsores y las fuerzas de reacción generadas por las ruedas de la grúa, con las ecuaciones de la estática básica y de la ecuación de compatibilidad obteniendo los siguientes resultados:

$$V=543,32 \text{ N}$$

$$M=651,98 \text{ Nm}$$

$$T=195,6 \text{ Nm}$$

3.1.8 Selección de materiales.

Para la selección del material idóneo se buscó únicamente entre aceros y sus aleaciones debido a que por facilidad de manufactura y adquisición los aceros son los más eficientes.

Una de las propiedades más importantes a ser analizada fue la resistencia a la fluencia y a la tensión

Tabla 3.2 Propiedad de los aceros estructurales (Mott, 2006).

Acero	Grado o espesor	Resistencia a la tensión (MPa)	Resistencia de fluencia(MPa)	Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
A36	t≤8 pulg	400	250	21
A500	A	310	228	25
AISI 1020	Recocido	414	296	38

El material idóneo para la construcción de la grúa es el acero AISI 1020 recocido, pero debido a no existir en el mercado local en las dimensiones requeridas el costo de adquisición es superior que el acero ASTM A36, que es de mayor uso comercial en la provincia de Imbabura.

3.1.9 Estudio cinemático



Figura 3.23 Diagrama cinemático.

Con el estudio cinemático se muestra en la figura 3.18 en la cual se puede obtener la carga máxima que soportará el actuador lineal según el ángulo generado entre el brazo horizontal superior y el mástil de la grúa al cual se le llamara \emptyset . Adicionalmente se puede calcular la longitud que va a tener el actuador lineal con respecto a dicho ángulo, los resultados se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Fuerza según el ángulo entre el brazo horizontal superior y el mástil.

\emptyset °	Brazo m	B N	$B_x=C_x=D_x$ N	$B_y=D_y$ N	C_y N	C N
90	0,89	3619,41	1618,65	3237,30	2060,10	2619,93
85	0,86	3490,95	1612,49	3096,23	1919,03	2506,55
80	0,83	3358,61	1594,06	2956,22	1779,02	2388,71
75	0,80	3222,99	1563,50	2818,36	1641,16	2266,70
70	0,76	3084,76	1521,03	2683,69	1506,49	2140,81
65	0,73	2944,67	1467,00	2553,23	1376,03	2011,35
60	0,69	2803,58	1401,79	2427,98	1250,78	1878,69
55	0,66	2662,52	1325,92	2308,88	1131,68	1743,21
50	0,62	2522,63	1239,96	2196,85	1019,65	1605,36
45	0,59	2385,28	1144,56	2092,74	915,54	1465,68
40	0,56	2252,09	1040,45	1997,34	820,14	1324,83
35	0,53	2124,93	928,42	1911,38	734,18	1183,63

3.1.10 Diseño asistido por computadora

Se realiza cada una de las vigas de la grúa en un software especializado y se procede al análisis y comparación de los resultados obtenidos calculados teóricamente con los registrados en el programa.

De dicha comparación se puede dar cuenta que los resultados obtenidos son los que se esperaban para tener un factor de seguridad adecuado. En la figura 3.24 se puede observar que la grúa se desplaza 17,29 mm cuando está soportando la mayor carga posible que es 120 kg, para reducir dicho desplazamiento se incorpora un juego de platinas en el mástil, tal como se muestra en la figura 3.25 reduciendo de esta manera el desplazamiento en la grúa.

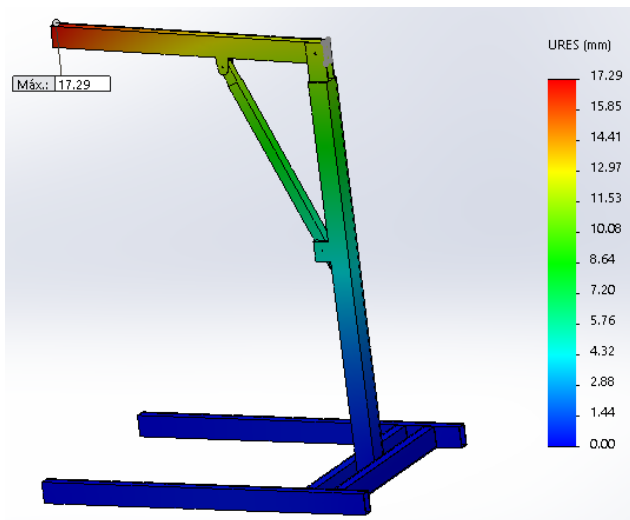


Figura 3.24 Desplazamiento máximo de la grúa sin platinas.

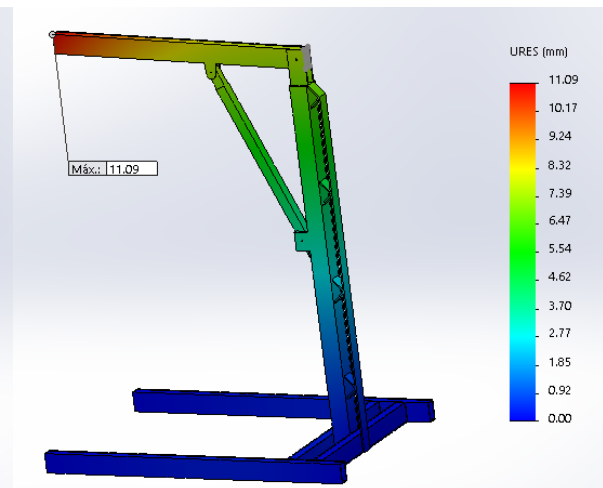


Figura 3.25 Desplazamiento máximo de la grúa con juego de platinas en el mástil.

3.2 Diseño electrónico

3.2.1 Selección actuador

En la actualidad existe una amplia gama de actuadores de diferentes tipos como pueden ser actuadores neumáticos, hidráulicos, eléctricos.

En la grúa para personas con discapacidad motriz se utilizará un actuador electromecánico, para esto se buscó diferentes proveedores y la empresa que mejor satisface las necesidades requeridas fue la empresa Linak. Lamentablemente, esta empresa no cuenta con un distribuidor en Ecuador, el distribuidor más cercano se encuentra en Colombia, seleccionándose el actuador lineal La31, se muestra las características del actuador en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Características actuador lineal.

Carga máxima	6000 N
Protección	IPx6
Motor	24 V, 5 A
Ruido	50 dB(A)
Temperatura de uso	5 °C a 40 °C
Factor de seguridad	2,5

3.2.2 Diseño de sistema de control

En la figura 3.26 muestra que se usará un control basado en un microcontrolador para la recepción de la señal de entrada realizada por el mando a distancia, se procederá a controlar dicha señal en el integrado de control y devolverá una salida para la activación de los motores.

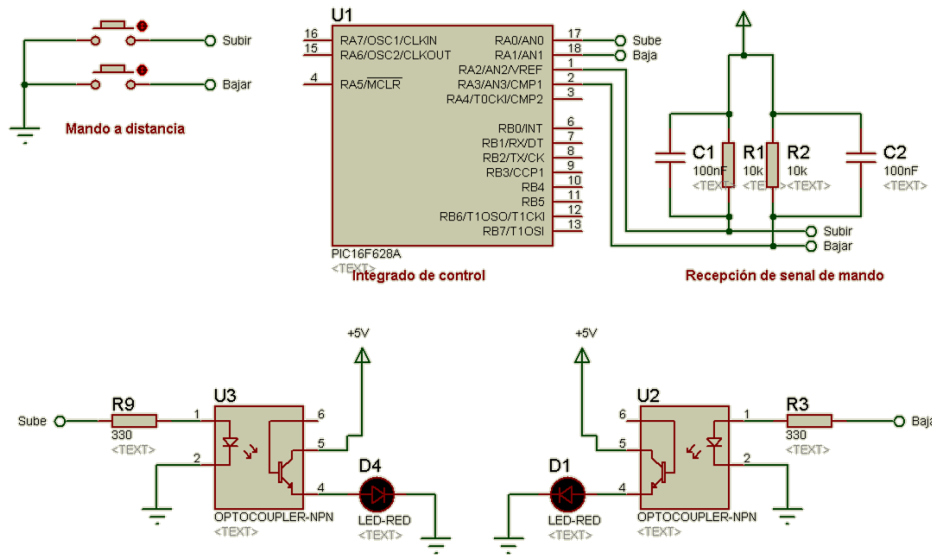


Figura 3.26 Diseño Electrónico de control.

3.2.3 Diseño de electrónica de potencia.

En la figura 3.27 se puede observar la activación del actuador lineal representado por un motor de corriente continua, para la separación el circuito de control y el circuito de electrónica de potencia se usará optoacopladores y el accionamiento del motor será a través de módulos relés.

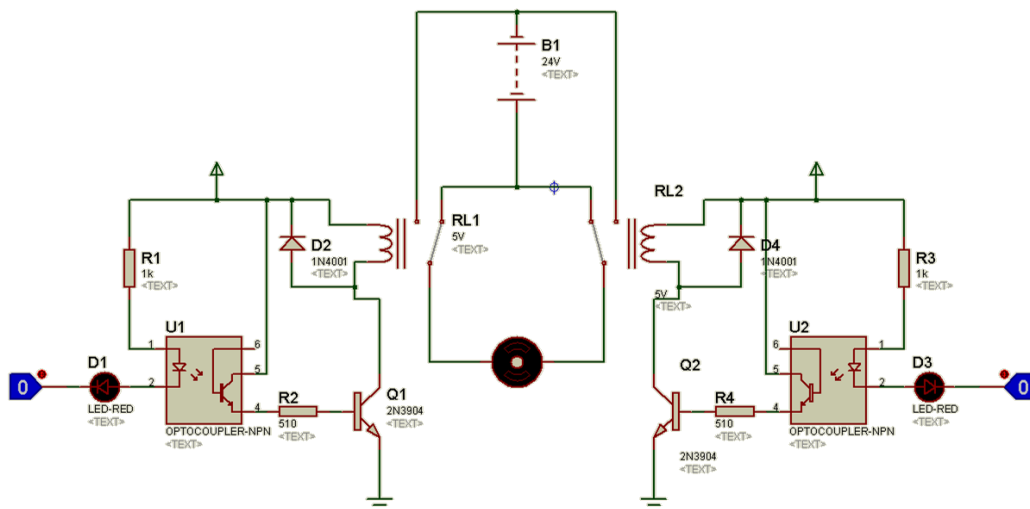


Figura 3.27 Diseño Electrónico de potencia.

3.2.4 Placas electrónicas

En la figura 3.28 se observa la placa de control en la cual se procesará la señal de entrada y generará una señal de salida, para el cálculo del grosor de la pista en el circuito impreso se relacionó la corriente máxima que va a estar presente y la temperatura máxima a la que se permitirá que el circuito funcione. Por las características generales del actuador a ser empleado, se puede determinar que la corriente máxima a soportar va a ser de 4 A. Para incrementar la confiabilidad del sistema se limita la temperatura de operación a 10 °C por encima de la temperatura ambiente de 20° C.

Con los valores antes seleccionados se realiza una interpolación con las tablas de los anexos 7 y 8 respectivamente, obteniendo un ancho de pista de 1,5 mm.

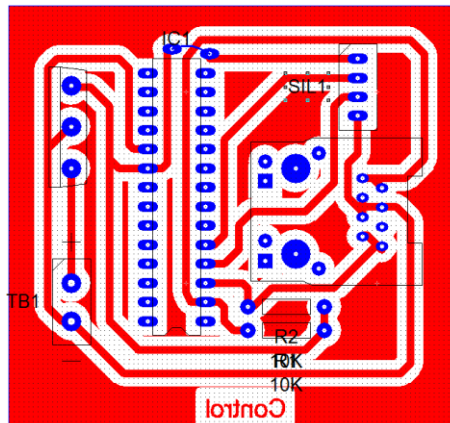


Figura 3.28 Placa de control.

En la figura 3.29 se observa el mando a distancia, el cual constará de dos botones con los cuales se posicionará el brazo horizontal superior en la posición adecuada, según sea el criterio del operador.

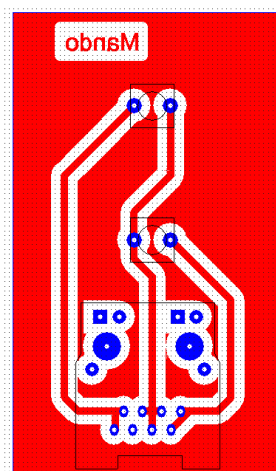


Figura 3.29 Placa de mando a distancia.

CAPÍTULO 4

4. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANALISIS DE COSTO

En primer lugar, se adquirieron las vigas estructurales, en este caso una viga cuadrangular, una rectangular y una platina. Una vez obtenida la materia prima, se construyó la maquina siguiendo los planos elaborados previamente.

En la figura 4.1 Se muestra un juego de platinas conectadas al mástil de la grúa, este juego de platinas se usa para reducir la flexion producida por el peso del paciente a ser trasladado.



Figura 4.1 *Juego de platinas en mástil*

En la figura 4.2 se puede observar la base de la grúa la cual tiene dos vigas transversales para evitar el efecto de bisagra que se produce al girar la grúa.



Figura 4.2 *Estructura base.*

En la figura 4.3 se muestra la placa de control sirve para controlar la elevación del brazo horizontal superior, el mando cuenta con una salida de Ethernet para el fácil reemplazo del cable de conexión de ser necesario.



Figura 4.3 Mando de control.

En la figura 4.4 se puede observar la grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz lista para su uso, se observa que está incorporado el arnés para el traslado del paciente. En la figura 4.5 se muestra el funcionamiento de la grúa con una persona de 76 kg y con una altura de 162 cm.



Figura 4.4 Grúa con arnés.



Figura 4.5 Prueba de funcionamiento.

En la figura 4.6 se observa la colocación del arnés en un paciente de 70 kg por una enfermera dedicada al cuidado de pacientes. En la figura 4.7 se observa que la paciente se encuentra siendo elevada, el actuador usado es sumamente silencioso y robusto con lo cual brinda confianza al paciente y al encargado de su traslado.

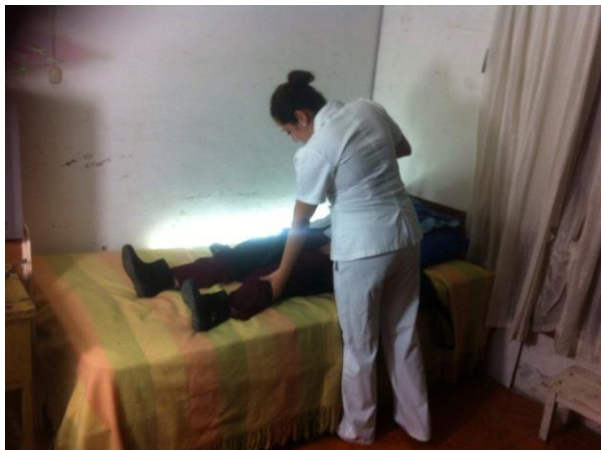


Figura 4.6 Colocación de arnés.

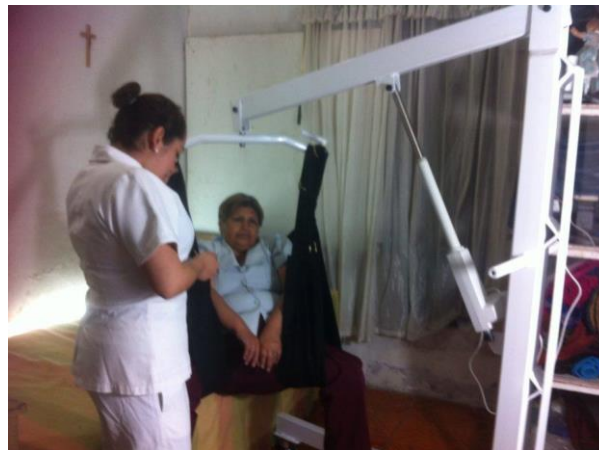


Figura 4.7 Prueba de funcionamiento con especialista en el cuidado de personas.

Realizada las pruebas de funcionamiento se generó la tabla 4.1 la cual indica las características físicas de diferentes usuarios y con ello se determina la el tiempo de elevación, corriente empleada y flexión presente para cada uno de los usuarios.

Tabla 4.1 Tabla de resultados.

Usuario	altura (cm)	masa (kg)	Edad (años)	tiempo de elevación (s)	corriente (A)	Flexión (mm)
1	174	95	24	53	2,3	6,46
2	180	83	24	52	2,1	5,39
3	157	68	39	50	2	4,06
4	154	70	54	51	2	4,23

Para el desarrollo de las pruebas se posiciono al usuario 1 en la silla de ruedas, se procede a colocar al arnés por debajo del usuario, una vez colocado el arnés descende el brazo horizontal superior de la grúa y se engancha el arnés a la percha de la grúa, el operador con el mando de distancia eleva el brazo horizontal superior hasta una altura conveniente, traslada la grúa hasta el larguero de la cama y se procede al descendimiento del usuario. Se realizó la misma prueba en el usuario 2, para los usuarios 3 y 4 se realizó la prueba desde la cama a la silla de ruedas.

En la tabla 4.2 se puede observar los gastos realizados en la construcción de la grúa y el precio de venta.

Tabla 4.2 Tabla de costos.

Egresos	mes 1 USD	mes 2 USD	mes 3 USD	mes 4 USD	mes 5 USD	mes 6 USD	Total USD
Materia prima					167	250	417
Mano de obra directa	75	75	75	75			300
Mano de obra indirecta						100	100
Gastos indirectos de fabrica	5	10	3	10	10	20	58
Materiales de Oficina.	10	10	10	10	10	10	60
						Costo	935
						Precio	1075,3

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El dispositivo cumple con las características antropométricas latinoamericanas de masa que es de 120 kg y estatura de 1.80 m investigadas de acuerdo a la zona de influencia.

La grúa fue diseñada para poder acceder su base debajo de una cama estándar de 25 cm y el fácil acceso de una silla de ruedas de 72 cm de ancho.

No se requiere intervención alguna del usuario para su transferencia.

Se seleccionó un material para la elaboración de las piezas que es económico, disponible en el país y con buena soldabilidad, lo cual facilitó la manufactura de la grúa, seleccionado el acero A36.

No se encontraron dificultades en la construcción que no estuvieran previstas en el diseño de la grúa.

El mando de control de la grúa es de fácil uso para el operador.

La selección del actuador LA31 de 6000 N garantizó la tranquilidad del operador y el usuario al momento de emplear la grúa.

Se agregó un volante para la manipulación de la grúa, lo cual no estuvo previsto en el diseño.

El esfuerzo realizado por el operador fue menor al esfuerzo de trasladar al usuario sin la grúa de transferencia de personas con discapacidad motriz.

El desplazamiento del brazo horizontal superior de la grúa debido al peso de la persona es de 1 cm imperceptible tanto para el operador como para el usuario.

Una vez construido el prototipo se determinó que la cinemática del sistema es la adecuada tanto para el operador como para el usuario, validando así el diseño.

5.2 Recomendaciones

Como una continuación a la tesis de grado “Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz” se puede incluir un control automático para la rotación del paciente cuando ya está elevado en la grúa para su transferencia al lugar de destino (silla de ruedas o cama).

Mejorar el sistema de control del actuador lineal permitiendo aumentar o disminuir la velocidad con la que se va a elevar al paciente según sea necesario.

Se recomienda no superar la carga máxima que puede soportar la grúa y la talla del usuario.

Se recomienda usar la grúa de transferencia únicamente por los lugares de acceso como son: pasillos, recamaras y ascensores; evitando el traslado por escaleras y pendientes con ángulo de inclinación no mayor a 5° con respecto a la horizontal.

Se puede sustituir el tipo de acero por uno con uno de mayor resistencia a la fluencia reduciendo con esto el peso de la máquina y el espesor de la misma.

Crear un sistema de balanza para monitorear el peso del paciente y generar una base de datos para su tratamiento.

Diseñar una percha para colocar ya sea un arnés o camilla para el traslado de pacientes en posición horizontal.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] "移动式病残、老人吊车," ed: Google Patents, 2011.
- [2] S. K. Rouse and A. K. Rouse, "Patient movement system, method, and apparatus," ed: Google Patents, 2006.
- [3] S. S. Kumar, C. K. B. Lim, P. Y. Tan, and Y. Takei, "Method, system and apparatus for indirect access by communication device," ed: Google Patents, 2010.
- [4] K. L. Tally, "Support and transfer apparatus for transport of an incapacitated individual," ed: Google Patents, 2010.
- [5] N. Lafragua, "Diseño de ortesis activa de codo para rehabilitación de pacientes.," Alfaomega ed: México, 2012.
- [6] R. L. Norton, *Diseño de máquinas. Un enfoque integrado.*, Cuarta ed. Mexico, 2010.
- [7] R. L. Mott, Pearson, Ed. *Diseño de elementos de máquinas.*, Cuarta ed. México, 2006.
- [8] R. Budynas and J. Nisbett, McGraw, Ed. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Octava ed. México, 2008.
- [9] B. Cocemfe, "Manual de formación del voluntariado.," Available: http://www.cocemfebadajoz.org/voluntariado/capitulo_83.html
- [10] O. Ortojosbel. (2016). *Grúa de techo voyager*. Available: <http://www.sillasderuedas.es/Grua-de-techo-elevador-Voyager>
- [11] Invacare. (2016). *Grúa móvil*. Available: http://www.invacare.com/product_files/RPL-450-2_400x400.jpg
- [12] Tecnum. (2015). *Grúa de camilla*. Available: <http://www.tecnum.net/gruas.htm>
- [13] E. Tapia. (2013). *Grúa de Baño*. Available: <http://www.equipamientostapia.es/archivos/productos/4802100grua%201.jpg>
- [14] ElectrónicaChile, "¿Qué es un actuador lineal?," Available: <http://www.electronicachile.com/que-es-un-actuador-lineal/>
- [15] Linak. (2016). *El Actuador Lineal*. Available: <http://www.linak.es/about/?id3=4283>
- [16] J. Angulo Usategui and I. Angulo Martínez, M. G. Hill, Ed. *Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones.*, Tercera ed. (no. Primera parte). Chile, 2005.
- [17] R. Clavijo, AlfaOmega, Ed. *Diseño y simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C*. Colombia, 2011.
- [18] O. Torrente, Alfaomega, Ed. *Arduino: Curso práctico de formación*. México, 2013.
- [19] M. Sadiku, McGraw-Hill, Ed. *Fundamentos de circuitos eléctricos.*, 3ra ed. México., 2006.
- [20] Djmania. (2015). *Batería*. Available: <http://djmania.es/p/bater%C3%ADa-de-plomo-%C3%A1cido-12v-75ah-151x65x99mm>
- [21] R. Hernández, *Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB*, PEARSON EDUCACIÓN ed. México, 2010.
- [22] K. Astrom, Pearson, Ed. *Control PID avanzado*. España, 2009.

MANUAL DE OPERACIÓN

Leer atentamente antes de continuar

Advertencia

Siempre obedezca las precauciones indicadas abajo para evitar así la posibilidad de lesiones graves.

Suministro de energía/adaptador de alimentación de CA

Utilice la tensión correcta para su equipo.

Utilice solamente el adaptador incluido en la grúa. El uso del adaptador equivocado puede hacer que el equipo se dañe o se sobrecaliente.

No abrir

No abra la caja de conexiones ni trate de desarmar o modificar de ninguna forma los componentes internos. En caso de anomalías en el funcionamiento, deje de utilizar el equipo inmediatamente.

Atención

Cuando desenchufe el cable del equipo o del tomacorriente, hágalo tomándolo del enchufe y no del cable. Si tira del cable este puede dañarse. Desenchufe el adaptador de CA cuando la batería este completamente cargada.

No conecte el equipo a tomas de corriente usando conectores múltiples. El enchufe puede sobrecalentarse.

No ponga el equipo sobre superficies inestables, donde puede caerse por accidente.

Familiarícese siempre con los mandos y los dispositivos de seguridad de su grúa.

Compruebe siempre que el arnés, su tamaño y características son los adecuados para el paciente.

No utilice un arnés desgastado o deteriorado.

Ajuste siempre el arnés siguiendo sus instrucciones de uso. Su mal uso puede provocar algún tipo de accidente en el paciente.

El mando no requiere de excesiva fuerza para su accionamiento.

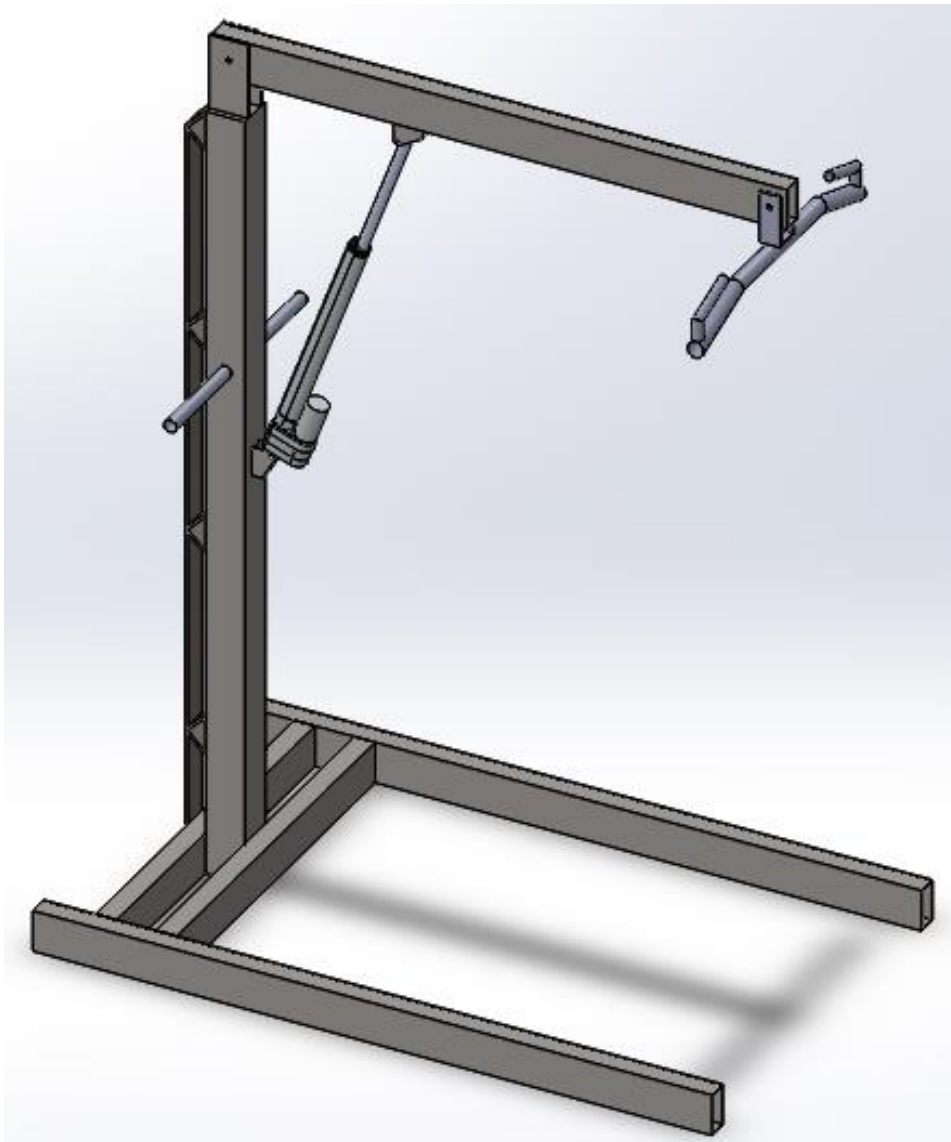
Desplace la grúa usando las barras de empuje del mástil o ayúdese dando un leve empuje desde las patas de la grúa.

Utilice la grúa en superficies lisas y no con más de 5 grados de inclinación.

No usar en la grúa en duchas, por motivo de seguridad al contener partes electrónicas que pueden ser afectadas.

No utilice la grúa para otros fines que no sean los del traslado de pacientes.

No superar la carga máxima.



Para el uso de la grúa debe primero verificar el estado óptimo de la misma.

Revisar estado de carga de baterías.

Colocar los frenos para evitar desplazamientos involuntarios de la grúa.

Uso del arnés desde la posición sentado

Deslice el arnés por la espalda del paciente y bájelo hasta la línea media de sus glúteos.

Levante con cuidado la pierna del paciente y deslice la correa correspondiente por debajo, repetir el procedimiento con la otra pierna.

Ubique las correas en la percha, de esta forma ya es seguro levantar al paciente.

Uso del arnés desde la posición acostado.

Gire noventa grados al paciente y coloque el arnés bajo su espalda, luego gire 90 grados al lado contrario y termine de colocar el arnés por debajo de su espalda.

Levante con cuidado la pierna del paciente y deslice la correa correspondiente por debajo, repetir el procedimiento con la otra pierna.

Ubique las correas en la percha, de esta forma ya es seguro levantar al paciente.

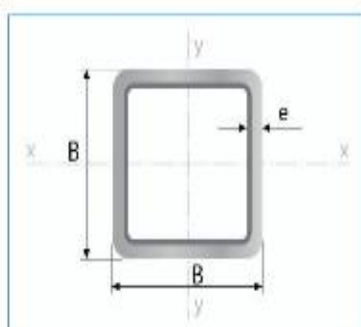
El paciente se encuentra en el arnés y este a su vez ya está asegurado en la percha para la elevación, se procede desde el mando a distancia a presionar el botón superior para elevar el brazo horizontal de la grúa ya posicionado el paciente, se mueve a la grúa desde los manubrios colocados en el mástil hasta posicionar en el lugar de descenso.

Una vez el paciente está junto al lugar de descenso se presiona el botón inferior del mando a distancia para descender al paciente hasta la posición final del traslado.

Se procede a retirar el arnés de la misma forma en la cual fue colocado.

ANEXOS ANEXO 1

Tubería Estructural Cuadrada



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones, espesores y
largos previa consulta

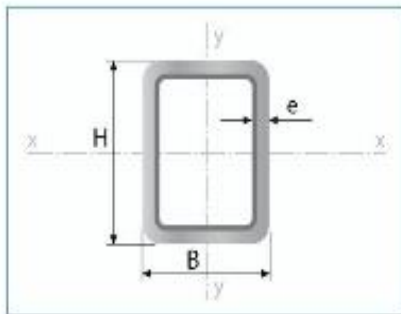
Aplicaciones

- Estructuras: columnas para galpones y naves industriales.
- Señalización y vialidad: alumbrado, soportes.
- Equipos y máquinas de todo tipo.
- Construcción en general.

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	e	A	I	W	i	
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,74
	2,00	1,34	1,05	0,69	0,69	0,72
25	1,50	1,35	1,06	1,41	1,11	0,97
	2,00	1,74	1,36	1,48	1,18	0,92
30	1,50	1,65	1,30	2,19	1,46	1,15
	2,00	2,14	1,68	2,71	1,81	1,12
	3,00	3,01	2,36	3,50	2,34	1,08
40	1,50	2,25	1,77	5,48	2,74	1,56
	2,00	2,94	2,31	6,92	3,46	1,53
	3,00	4,21	3,30	9,28	4,64	1,48
50	1,50	2,85	2,24	12,56	4,92	2,01
	2,00	3,74	2,93	14,13	5,65	1,94
	3,00	5,41	4,25	19,40	7,76	1,89
60	1,50	3,45	2,71	18,94	6,31	2,43
	2,00	4,54	3,56	25,12	8,37	2,35
	3,00	6,61	5,19	35,06	11,69	2,30
75	2,00	5,74	4,50	51,90	13,84	3,00
	3,00	8,41	6,60	76,13	19,99	2,97
	4,00	10,95	8,59	94,02	24,74	2,92
100	2,00	7,74	6,07	122,99	24,60	3,99
	3,00	11,41	8,96	190,94	37,53	4,04

ANEXO 2

Tubería Estructural Rectangular



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones, espesores y
largos previa consulta

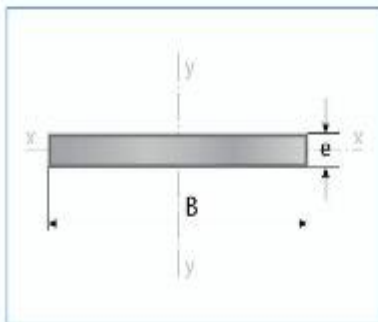
Aplicaciones

- Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
- Señalización y vialidad: soportes.
- Construcción en general.

Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas							
			Eje x-x			Eje y-y				
			Momento de Inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de Inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro		
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
20	40	1,50	1,85	1,30	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
		2,00	2,14	1,68	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,50	2,10	1,65	7,65	3,02	0,82	2,50	2,02	1,05
		2,00	2,74	2,15	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
		3,00	3,91	3,07	12,90	5,08	1,75	4,12	3,26	0,99
30	50	1,50	2,25	1,77	7,53	3,01	1,83	3,41	2,27	1,23
		2,00	2,94	2,31	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
		3,00	4,21	3,30	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
40	60	1,50	2,85	2,24	14,40	4,79	2,26	7,71	3,85	1,65
		2,00	3,74	2,93	18,39	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
		3,00	5,41	4,25	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,50	2,85	2,24	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
		2,00	3,74	2,93	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
		3,00	5,41	4,25	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	2,00	4,54	3,56	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
		3,00	6,61	5,19	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
		4,00	8,55	6,71	53,20	17,78	2,62	10,80	11,50	1,18
50	100	2,00	5,74	4,50	73,63	14,50	3,66	25,46	10,03	2,15
		3,00	8,41	6,60	113,57	22,29	3,61	38,40	15,08	2,10
		4,00	10,95	8,59	140,19	27,53	3,56	47,01	18,52	2,06
50	150	2,00	7,74	6,07	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
		3,00	11,41	8,96	317,82	41,79	5,21	56,16	22,12	2,18
		4,00	14,95	11,73	397,70	52,27	5,13	69,06	27,20	2,14
		5,00	18,36	14,41	455,54	60,74	4,98	77,40	30,96	2,05
75	175	3,00	14,41	11,31	556,65	63,62	6,22	149,40	39,84	3,22
		4,00	18,95	14,87	718,11	82,07	6,16	191,03	50,94	3,18

ANEXO 3

Productos Laminados Pletina



Largo normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro
Espesores:
Desde 3,00 a 12,00 mm
Calidad de acero:
DIN 17100 / ST 37-2 / ASTM A-36
Norma de fabricación:
INEN 2222 / ISO 1035
Observaciones:
Otras dimensiones y largos previa consulta.

Aplicaciones

- Somier camas.
- Cerrajería en general (puertas, ventanas, rejas).
- Estructuras en general.
- Muebles metálicos.
- Paquete de resortes (Sistemas de suspensión).

Dimensiones	Espesor	Peso
B	e	P
mm	mm	kg/6m
12	3,00	1,70
12	4,00	2,26
12	6,00	3,39
20	3,00	2,83
20	4,00	5,00
20	6,00	5,37
25	3,00	3,53
25	4,00	4,71
25	6,00	7,07
25	8,00	9,42
25	9,50	10,59
25	12,00	14,13
30	3,00	4,24
30	4,00	7,07
30	6,00	8,47
30	8,00	11,30
30	9,50	12,71
30	12,00	16,96
40	3,00	5,37
40	4,00	7,16
40	6,00	10,74
40	8,00	16,11
40	9,50	17,90
40	12,00	21,48
50	3,00	7,07
50	4,00	9,50
50	6,00	14,13
50	8,00	18,84
50	9,50	21,20

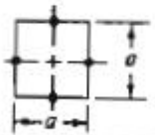
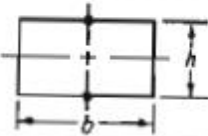
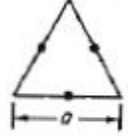

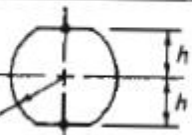
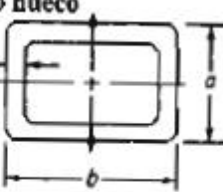

ANEXO 4

Designación del material (Número AISI)	Condición	σ_{t1} Resistencia a la tensión		σ_y Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Estirado en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Laminado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Estirado en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Laminado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Estirado en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Laminado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Estirado en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Laminado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Estirado en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Laminado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Estirado en frío	100	690	90	621	10	200
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	200
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	277
1213	Laminado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Estirado en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Laminado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Estirado en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444

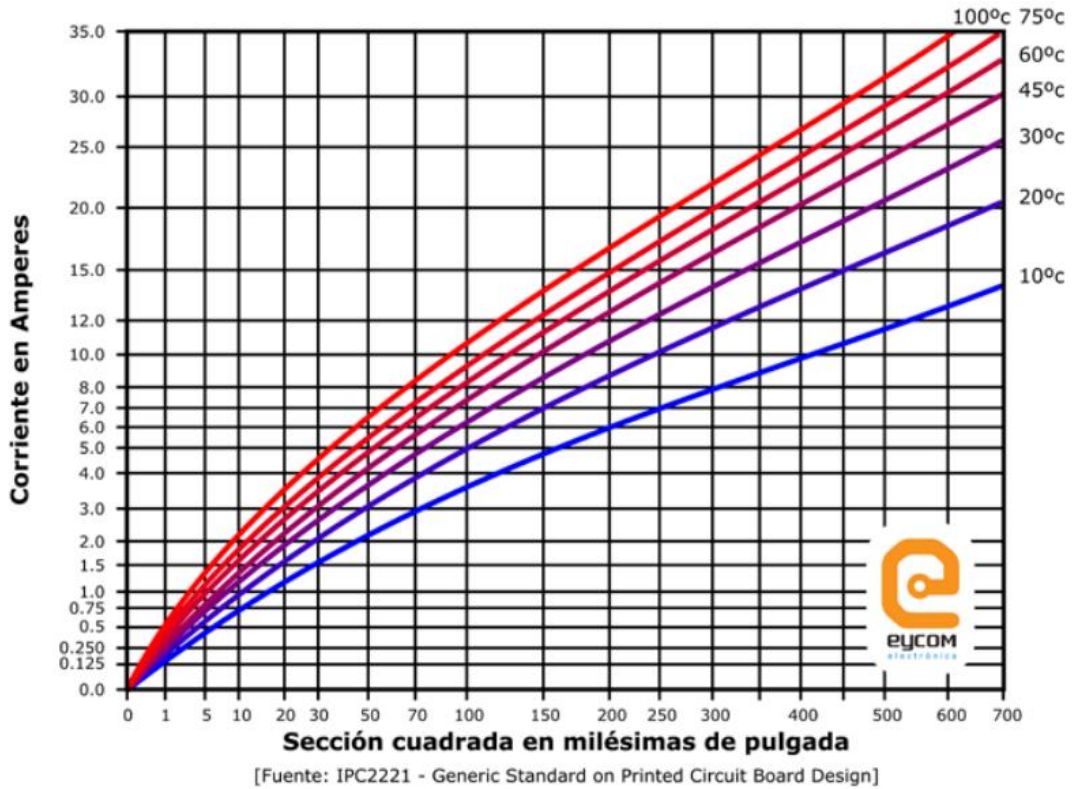
ANEXO 5

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

ANEXO 6

Forma de la sección transversal	$K =$ para usar en $\theta = TL/GK$ $Q =$ para usar en $\tau = T/Q$	El punto negro (•) indica la ubicación de $\tau_{m\acute{a}x}$																					
Cuadrado 	$K = 0.141a^4$ $Q = 0.208a^3$	$\tau_{m\acute{a}x}$ en el punto medio de cada lado																					
	$K = bh^3 \left[\frac{1}{3} - 0.21 \frac{h}{b} \left(1 - \frac{(h/b)^4}{12} \right) \right]$ $Q = \frac{bh^2}{[3 + 1.8h/b]}$	(Aproximado; dentro de $\pm 5\%$) $\tau_{m\acute{a}x}$ en el punto medio de los lados largos																					
Triángulo (equilátero) 	$K = 0.0217a^4$ $Q = 0.050a^3$																						
Eje redondo con una cara plana 	$K = C_1 r^4$ $Q = C_2 r^3$	<table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>h/r</td> <td>0</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>C_1</td> <td>0.30</td> <td>0.51</td> <td>0.78</td> <td>1.06</td> <td>1.37</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>C_2</td> <td>0.35</td> <td>0.51</td> <td>0.70</td> <td>0.92</td> <td>1.18</td> <td>1.57</td> </tr> </table>	h/r	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	C_1	0.30	0.51	0.78	1.06	1.37	1.57	C_2	0.35	0.51	0.70	0.92	1.18	1.57
h/r	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0																	
C_1	0.30	0.51	0.78	1.06	1.37	1.57																	
C_2	0.35	0.51	0.70	0.92	1.18	1.57																	
Eje redondo con dos caras planas 	$K = C_3 r^4$ $Q = C_4 r^3$	<table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>h/r</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.7</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>C_3</td> <td>0.44</td> <td>0.67</td> <td>0.93</td> <td>1.19</td> <td>1.39</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>C_4</td> <td>0.47</td> <td>0.60</td> <td>0.81</td> <td>1.02</td> <td>1.25</td> <td>1.57</td> </tr> </table>	h/r	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	C_3	0.44	0.67	0.93	1.19	1.39	1.57	C_4	0.47	0.60	0.81	1.02	1.25	1.57
h/r	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0																	
C_3	0.44	0.67	0.93	1.19	1.39	1.57																	
C_4	0.47	0.60	0.81	1.02	1.25	1.57																	
Rectángulo hueco <i>t</i> (uniforme) 	$K = \frac{2(a-t)^2(b-t)^2}{(a+b-2t)}$ $Q = 2t(a-t)(b-t)$	Obtiene el esfuerzo promedio; buena aproximación al esfuerzo máximo si <i>t</i> es pequeño-tubo de pared delgada Los rincones interiores deben tener filetes generosos																					
Tubo abierto Radio promedio (<i>r</i>) <i>t</i> (uniforme) 	$K = 2\pi r^3/3$ $Q = \frac{4\pi r^2 t^2}{(6\pi r + 1.8t)}$	<i>t</i> debe ser pequeño-tubo de pared delgada																					

ANEXO 7



ANEXO 8

