

**REDISEÑO Y MEJORAMIENTO DE MONTACARGA ELÉCTRICO DE
TRACCIÓN MANUAL**

JULIÁN ANDREY MAZO ROMERO
Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo Electromecánico

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2012**

**REDISEÑO Y MEJORAMIENTO DE MONTACARGA ELÉCTRICO DE
TRACCIÓN MANUAL**

JULIÁN ANDREY MAZO ROMERO
Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo Electromecánico

Asesor
Leonardo Bernal Tobón
Ingeniero Mecánico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2012

DEDICATORIA

A mi familia quien siempre estuvo a mi lado apoyándome y dándome fuerzas para recorrer este duro camino de maduración profesional.

A mi madre Gloria Elena Romero Barrera por su apoyo permanente, su colaboración y afecto incondicionales. Por sus ánimos en aquellos momentos en los cuales creía desfallecer.

A mi padre Julio Cesar Mazo Cadavid y a mi hermana Kelly porque siempre han estado a mi lado en los momentos que más los he necesitado; brindándome lo mejor de ellos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos por su inmensa colaboración en el proceso de elaboración de este trabajo.

- Agradezco a Dios por haberme dado más de lo que me merezco.
- Al Instituto Tecnológico Pascual Bravo, Institución universitaria por haberme acogido desinteresadamente en su claustro de formación.
- Ramón Arrubla, Ingeniero mecánico.
- Javier Mejía Sierra, tecnólogo mecánico.
- Jaime Díaz Rojas, Ingeniero mecánico.
- Leonardo Bernal Tobón, asesor del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. EL PROBLEMA	12
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1.1 Descripción del problema	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. MARCO TEÓRICO	15
4.1 MONTACARGAS	15
4.1.1 Definición	15
4.1.2 Tipos de Montacargas	15
4.2 RUEDAS	16
4.2.1 Ruedas giratorias	16
4.2.2 Ruedas fijas	16
4.3 CABLE DE ACERO	16
4.3.1 Diámetro	17
4.3.2 Composición	17

4.3.3 Almas o núcleos	17
4.3.4 Notación	17
4.3.5 Arrollamiento	18
4.3.6 Material	18
4.4 RODAMIENTOS	18
4.5 HERRAMIENTAS CAD (SOLIDWORKS)	19
4.6 MOTORREDUCTORES	19
4.7 POLEAS	20
4.8 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO	21
4.8.1 Electrodo de carbón	22
4.8.2 Electrodo metálico	22
4.8.3 Electrodo recubierto	22
4.8.4 Electrodo revestido E7018	23
4.8.4.1 Características sobresalientes	23
4.8.4.2 Uso y aplicaciones	23
4.8.4.3 Propiedades Mecánicas según AWS	23
4.9 ACERO ASTM A 36	24
5. METODOLOGÍA	25
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	26
6.1 ANALISIS DEL PROBLEMA	26
6.1.1 Verificación del modelo anterior	26
6.1.2 Planteamiento de un nuevo modelo	28

6.2 ANALISIS DE RESULTADOS	30
6.3 ANÁLISIS ESTÁTICO	30
6.3.1 Reacciones en los apoyos	30
6.3.2 Reacciones en la polea	31
6.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES	32
6.5 VERIFICACIÓN DEL MODELO MEDIANTE MÉTODO TRADICIONAL	33
6.6 ACTIVIDADES A CUMPLIR	36
6.7 MONTAJE Y/O ENSAMBLE FINAL DEL MONTACARGAS	37
6.7.1 Pruebas	39
7. CONCLUSIONES	41
8. RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla No. 1. Composición química de la colada (Acero ASTM A-36)	24
Tabla No. 2. Propiedades mecánicas (Acero ASTM A-36)	24

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Montacargas que presenta la falla	25
Figura 2. Distribución de esfuerzos en el montacargas para una carga de 100 kg. Escala de deformación de 8.64	27
Figura 3. Grúa real (a). Modelo virtual (b)	28
Figura 4. Modelo propuesto (a). Modelo anterior (b)	29
Figura 5. Distribución de esfuerzos en el montacargas para una carga de 300 kg	30
Figura 6. Reacciones en los apoyos de la grúa para las condiciones de máxima carga	31
Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de la polea	32
Figura 8. Esquema de brazo a analizar	34
Figura 9. Diagrama de cuerpo libre del perfil a analizar	34
Figura 10. Diagrama de momento flector	35
Figura 11. Diagrama de momento fuerza cortante	35
Figura 12. Nuevo pie amigo	37
Figura 13. Caja de control (en la parte superior se ve el suiche para el paro de emergencia)	38
Figura 14. (a) Tope de fin de carrera. (b) Microsuiche de fin de carrera	38
Figura 15. Montacargas	39

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Catálogo de ruedas industriales	45
Anexo B. Catálogo de cables de acero	46
Anexo C. Selección de rodamiento	47
Anexo D. Planos eléctrico del control del montacargas	48

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos siempre hemos estado en pro del desarrollo de herramientas que le faciliten la realización de diversas actividades, especialmente, en aquellas que es indispensable la extensión de la mano o la multiplicación de las fuerzas. El montacargas como todas las herramientas han tenido un desarrollo progresivo que le permite nacer como objeto primario y convertirse en objeto tecnológico, es decir, todo tiene un proceso de cultivación y de maduración.

El principio de utilización del montacargas, durante toda su existencia, ha sido el mismo pero llevado a cabo con diferentes componentes. Al inicio, todo el sistema del montacargas se componía de tan solo una cuerda y un punto de apoyo, donde la fuerza motriz era suministrada por la persona otorgando, claro está, un bajo margen de multiplicación de fuerza. Después de la aparición del motor eléctrico y de las cadenas de acero esa relación que siempre ha marcado la utilidad de este aparato se multiplicó.

Desafortunadamente, en el transcurso del proceso de industrialización del montacargas eléctrico los costos de adquisición se elevaron, disparados no solo por su construcción sino también por los impuestos de importación y el valor agregado de su transporte. Esta principal dificultad fue el factor de que las pequeñas y medianas empresas de los países en vía de desarrollo como Colombia hayan optado por la decisión de que los operarios que ejecutan las labores relacionadas con el transporte y manipulación de objetos lo hagan de una forma manual, exponiéndolos de esa forma a esfuerzos deformadores, generadores del gran número de incapacidades presentes en la industria representados especialmente en dolores lumbares.

1. EL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la Institución Universitaria Pascual Bravo, los problemas lumbares son un mal que aqueja a los estudiantes que movilizan los elementos pesados como las herramientas. Los estudiantes para poder realizar su trabajo necesitan de un instrumento o maquinaria que les facilite el manejo y la operación de tales elementos; dicha máquina, el montacargas del taller, presentó una falla y se encuentra averiado. Otra circunstancia que surge de estos esfuerzos es la gran tasa de incapacidades por dolores lumbares.

1.1.1 Descripción del problema. En el taller de mecánica industrial, de la Institución Universitaria Pascual Bravo; los problemas lumbares son un mal que aqueja a los estudiantes que movilizan los elementos pesados como los porta herramientas. Estos para poder realizar su trabajo necesitan de instrumental o maquinaria que a veces resulta pesada y/o incómoda de cargar, por lo que es necesario de un elemento que les facilite su manejo y operación. Adicionalmente se presentan frecuentes daños en las máquinas y sus dispositivos debido a dicha manipulación.

Por lo anterior el instituto requiere del rediseño de un montacargas que se encuentra deteriorado en la institución ya que no sería rentable hacer una inversión cuantiosa para adquirir un montacargas comercial costoso (que incluso estaría subutilizado); estos montacargas normalmente están diseñadas para manipular pesos de más de una tonelada y se conoce que la necesidad del instituto está normalmente en la manipulación de elementos que pesan menos de los 300 Kg.

2. JUSTIFICACIÓN

Al rediseñar el montacargas eléctrico de tracción manual para uso industrial se brinda la oportunidad a la Institución Universitaria Pascual Bravo de satisfacer la necesidad de un elemento auxiliar para el cargue y el desplazamiento de objetos pesados evitando así numerosos accidentes. El montacargas podrá levantar cargas menores de 300Kg y su estructura será compacta y delgada para poder ser movilizadas en los talleres y laboratorios del instituto con espacios reducidos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar y reconstruir un montacargas eléctrico de tracción manual de uso industrial para 300Kg, con el fin de mejorar la situación de trabajo de las personas encargadas del transporte y la manipulación de objetos pesados en los talleres y laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Reconversión del sistema electromecánico de potencia y control del montacargas.
- Fabricar los diferentes componentes mecánicos del montacargas rediseñado, según sea necesario.
- Ensamblar, según el rediseño, todas las piezas que el montacargas conlleva.
- Entregar el montacargas.

4. MARCO TEÓRICO

A continuación se colocarán las definiciones básicas del presente trabajo. Se trata de definiciones sencillas, pero que es importante tenerlas en cuenta a la hora de realizar el rediseño del montacargas.

4.1 MONTACARGAS

4.1.1 Definición. Los montacargas también son conocidos como gatos de mano motorizados, carretillas de bandeja motorizadas, carretillas, tripuladas, carretillas montacargas con asiento, carretones de apilamiento, etc. Como podemos observar hay muchas diferentes formas de referirse a este instrumento, y como consecuencia se puede encontrar varias definiciones tales como "aparato que sirve para el transporte vertical de pesos (fardos, materiales, mercancías, etc.) en una plataforma o jaula que se desliza entre guías. Su principio de funcionamiento es el mismo de los ascensores" otra definición es "todo aparato elevador de cargas, como las máquinas de extracción de las minas, cargadoras de altos hornos, etc. Una definición mucho más precisa es "elemento multiplicador de fuerza y facilitador del transporte de objetos cuyo peso supera la capacidad del operario y las definiciones siguen, pero todas apuntan a que este elemento es de gran ayuda para la industria.

Se podría entonces decir que montacargas es todo dispositivo mecánico empleado para el levante y movimiento de suministros, materiales, maquinaria, herramientas o productos terminados y que está accionado mecánicamente; por sistemas neumáticos o hidráulicos; o por motores eléctricos o de combustión interna.

4.1.2 Tipos de Montacargas. Hay un gran número de montacargas en la industria, los podemos encontrar para todo tipo de necesidad y de gusto. Sus principios de funcionalidad de levante, en general, son tres: hidráulicos, neumáticos y eléctricos. Además, todos estos pueden encontrarse en tracción motriz (combustión interna o eléctrica) y manual, lo cual puntualiza y restringe la utilización de estos dependiendo de su aplicabilidad.

Los montacargas hidráulicos son utilizados para grandes cantidades de levante de peso, es decir oscila entre 10-20 toneladas según el equipo a utilizar. Por su gran capacidad de levante, su tracción es de combustión interna o estérica; ya que, la tracción eléctrica se restringe a un rango entre 1-3 toneladas. Un excelente

ejemplo de este tipo de montacargas es el "montacargas hidráulico multiplicador, el cual viene en dos tipos: sin fosa o con fosa (Estos son montacargas estáticos).

4.2 RUEDAS

Cuando hablamos de ruedas o llantas, de las que normalmente se utilizan en montacargas de tracción manual, estas se clasifican en dos tipos:

4.2.1 Ruedas giratorias. Las ruedas giratorias pivotan sobre un eje vertical y permiten maniobrar máquinas y equipos. En este tipo de ruedas el movimiento de la horquilla se produce por medio de un cojinete giratorio que une la horquilla con el elemento de fijación montado en el aparato. La separación horizontal entre los ejes del cojinete y de la rueda facilita el giro de la horquilla. Este determinado desplazamiento contribuye además a un comportamiento estable de la rodadura en línea recta.

Las ruedas giratorias se fabrican con o sin freno. El dispositivo de bloqueo de las ruedas giratorias admite varias posiciones, como puede ser el bloqueo de la rueda, de la cabeza giratoria o de la dirección. Los elementos de fijación más acreditados de las ruedas giratorias son las platinas atornillables, las espigas de encaje de acero para tubos y la fijación por medio de tornillo o agujero pasador¹.

4.2.2 Ruedas fijas. Puesto que esta clase de ruedas no gira, otorga a los equipos y a las máquinas una gran estabilidad direccional. En cuanto a la fijación, en la mayoría de los casos se utilizan plantillas atornillables².

4.3 CABLE DE ACERO

Un cable de acero es un conjunto de alambres de acero o hilos de hierro que forman un cuerpo único como elemento de trabajo. Estos alambres pueden estar enrollados de forma helicoidal en una o más capas, generalmente alrededor de un alambre central, formando los cables espirales.

¹<http://www.rhombus-rollen.com/es/servicio/consejero/exclusivo.html>

²Ibid.

Estos cables, a su vez, pueden estar enrollados helicoidalmente alrededor de un núcleo o alma, formando los cables de cordones múltiples. Estos cables se pueden considerar como elementos y también se pueden enrollar helicoidalmente sobre un alma, formando los cables guardines, o bien acoplarse uno al lado del otro, para formar los cables planos.

Algunas de sus características fundamentales son:

4.3.1 Diámetro. Se considera diámetro de un cable a la circunferencia circunscrita a la sección del mismo, expresado en milímetros (mm).

Cuando un cable nuevo entra en servicio, los esfuerzos que soporta le producen una disminución del diámetro, acompañada de un aumento en su longitud, a causa del asentamiento de los distintos elementos que forman el cable. Esta disminución de diámetro es mayor cuanto mayor es la proporción de fibra textil que lo forma.

4.3.2 Composición. Combinando la disposición de los alambres y los cordones se obtienen cables de composiciones muy diversas. Los fabricados con alambres gruesos resisten bien el desgaste por rozamiento, pero tienen una gran rigidez y son poco resistentes a la flexión. Los cables compuestos por un gran número de alambres finos son muy flexibles, pero poco resistentes al rozamiento y a la corrosión.

4.3.3 Almas o núcleos. El alma del cable es el soporte de tamaño y consistencia apta para ofrecer un apoyo firme a los cordones, de modo que, incluso a la máxima carga no lleguen a entallarse los alambres de los cordones entre sí. Generalmente, el alma de los cables es de fibra textil, pero en determinados casos es más indicado utilizar alma metálica.

4.3.4 Notación. La composición de un cable viene expresada por una notación compuesta de tres cifras, por ejemplo 6x19+1 Séale. La primera indica el número de cordones del cable, la segunda el número de alambres de cada cordón y la tercera el número de almas textiles. La palabra Séale indica una disposición especial de los cordones.

Si el alma del cable es metálica formada por alambres, se sustituye la última cifra por una notación entre paréntesis que indica la composición de dicha alma. Por ejemplo, 6x19+ (7x7+0). Cuando los cordones o ramales del cable sean otros

cables, se sustituirá la segunda cifra por la notación que señale su composición, también entre paréntesis. Por ejemplo, 6x (6x7+1)+1.

4.3.5 Arrollamiento. Los alambres de los cordones están colocados en forma de hélice alrededor de un alambre central, formando una o más capas. El paso del cordón es la longitud que abarca una vuelta completa del alambre alrededor de su núcleo central. Esta distancia se mide paralelamente al eje del cordón. En los cables corrientes, las distintas capas de alambres que forman los cordones tienen pasos diferentes. Los cordones, a su vez están colocados en el cable en forma de hélice alrededor del alma. El paso de hélice que describe un cordón es el paso del cable.

4.3.6 Material. El alambre trefilado que se utiliza para la fabricación de cables se obtiene partiendo de acero al horno eléctrico. Su contenido en carbono varía generalmente del 0,3% al 0,8% obteniéndose dentro de esta gama los aceros dulces, semiduros y duros. El índice de pureza puede variar según las características requeridas; no obstante estos tipos de acero no pueden contener más de un 0,04% de fósforo y un 0,04% de azufre³.

4.4 RODAMIENTOS

Un rodamiento es un tipo de cojinete, que es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

De acuerdo con el tipo de contacto que exista entre las piezas, el rodamiento puede ser deslizante o lineal y rotativo. El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación del rodamiento, pueden ser: bolas, rodillos o agujas. Los rodamientos de movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, los hay axiales, radiales y axiales-radiales. Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda, es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje, ejemplo en quicio, y axial-radial si los puede soportar en los dos, de forma alternativa o combinada.

Cada clase de rodamientos muestra propiedades características, que dependen de su diseño y que lo hace más o menos apropiado para una aplicación dada. Por

³http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_acero

ejemplo, los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas radiales moderadas así como cargas axiales pequeñas. Tienen baja fricción y pueden ser producidos con gran precisión. Por lo tanto, son preferidos para motores eléctricos de medio y pequeño tamaño. Los rodamientos de rodillos esféricos pueden soportar cargas radiales muy pesadas y son oscilantes, lo que les permite asumir flexiones del eje, y pequeñas desalineaciones entre dos rodamientos, que soportan un mismo eje. Estas propiedades los hacen muy populares para aplicaciones por ejemplo en ingeniería pesada, donde las cargas son fuertes, así como las deformaciones producidas por las cargas, en máquinas grandes es también habitual cierta desalineación entre apoyos de los rodamientos⁴.

4.5 HERRAMIENTAS CAD (SOLIDWORKS)

Cad es una herramienta de diseño asistido por computadora que se utiliza en el diseño mecánico. Uno de los programas más importantes que se utiliza en la actualidad en muchos campos de la ingeniería, principalmente la mecánica, es SolidWorks.

SolidWorks es un programa es propiedad de la empresa del mismo nombre. Fundada en 1993 por Jon Hirsehtick con su sede en Concord, Massachusetts. En 1995 lanzaron su primer producto, SolidWorks 95. SolidWorks es un programa que permite el modelado de piezas y ensamble para realizar diferentes funciones como son la obtención de planos, con ayuda de la herramienta COSMOS realiza el análisis de esfuerzos y la animación de ensambles y piezas así como otro tipo de información para la producción. Es un programa que funciona con base a las normas de modelado con sistema CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, “construyendo virtualmente” la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada⁵.

4.6 MOTORREDUCTORES

En la robótica y en distintas aplicaciones de automatización siempre se requiere de elementos que cuya función sea variar las rpm (revoluciones por minuto) de un sistema de entrada y disminuirla, con el fin de aumentar la fuerza. Esto se logra por medio de los reductores o motorreductores de velocidad. Los reductores o

⁴<http://es.wikipedia.org/wiki/Rodamiento>

⁵http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/vazquez_m_jj/capitulo2.pdf, pag. 14.

motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de motores, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes que define de la utilización de motorreductores, entre algunos de los beneficios tenemos que:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia transmitida por el motor.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico puede ser de CCo CA según la aplicación que se realice⁶.

4.7 POLEAS

Las poleas son ruedas que tienen el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas.

En toda polea se distinguen tres partes: cuerpo, cubo y garganta.

El cuerpo es el elemento que une el cubo con la garganta. En algunos tipos de poleas está formado por radios o aspas para reducir peso y facilitar la ventilación de las máquinas en las que se instalan.

El cubo es la parte central que comprende el agujero, permite aumentar el grosor de la polea para aumentar su estabilidad sobre el eje. Suele incluir un

⁶Ibid p.18

chaveteroque facilita la unión de la polea con el eje o árbol (para que ambos giren solidarios).

La garganta (o canal) es la parte que entra en contacto con la cuerda o la correa y está especialmente diseñada para conseguir el mayor agarre posible. La parte más profunda recibe el nombre de llanta. Puede adoptar distintas formas (plana, semicircular, triangular...) pero la más empleada hoy día es la trapezoidal.

Las poleas empleadas para tracción y elevación de cargas tienen el perímetro acanalado en forma de semicírculo (para alojar cuerdas), mientras que las empleadas para la transmisión de movimientos entre ejes suelen tenerlo trapezoidal o plano (en automoción también se emplean correas estriadas y dentadas).

Básicamente la polea se utiliza para dos fines: cambiar la dirección de una fuerza mediante cuerdas o transmitir un movimiento giratorio de un eje a otro mediante correas.

En el primer caso tenemos una polea de cable que puede emplearse bajo la forma de polea fija, polea móvil o polipasto. Su utilidad se centra en la elevación de cargas (pastecas, grúas, ascensores...), cierre de cortinas, movimiento de puertas automáticas, etc.

En el segundo caso tenemos una polea de correa que es de mucha utilidad para acoplar motores eléctricos a otras máquinas (compresores, taladros, ventiladores, generadores eléctricos, sierras...) pues permite trasladar un movimiento giratorio de un eje a otro. Con este tipo de poleas se construyen mecanismos como el multiplicador de velocidad, la caja de velocidad y el tren de poleas⁷.

4.8 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Es el proceso de soldadura en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma en el espacio o entrehierro comprendido entre la pieza a soldar y una varilla que sirve como electrodo. Por lo general el electrodo también provee el material de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, depositándose entre las piezas a unir. La temperatura que se genera en este proceso es superior a los 5500 °C.

⁷<http://www.portaleducativo.cl/novedades.php?cod=23>

La corriente que se emplea en este sistema puede ser continua o alterna, utilizándose en los mejores trabajos la del tipo continua, debido a que la energía es más constante, con lo que se puede generar un arco más estable. La corriente alterna permite efectuar operaciones de soldadura con el objeto de trabajo en posición horizontal y preferentemente en materiales ferrosos, mientras que la corriente continua no presenta esas limitaciones de posición y material.

El arco se enciende cortocircuitando el electrodo con la pieza a soldar. En esa situación, en el punto de contacto el calentamiento óhmico es tan intenso que se empieza a fundir el extremo del electrodo, se produce ionización térmica y se establece el arco.

Para la generación del arco existen los siguientes tipos de electrodos:

4.8.1 Electrodo de carbón. En la actualidad son poco utilizados, el electrodo se utiliza solo como conductor para generar calor, el metal de aporte se agrega por separado.

4.8.2 Electrodo metálico. El propio electrodo sirve de metal de aporte al derretirse sobre los materiales a unir.

4.8.3 Electrodo recubierto. Los electrodos metálicos con recubrimientos que mejoran las características de la soldadura son los más utilizados en la actualidad”

Las funciones de los recubrimientos son las siguientes:

- Provee una atmosfera protectora.
- Proporcionan escoria características adecuadas para proteger al metal fundido.
- Estabilizan el arco.
- Añaden elementos de aleación al metal de la soldadura.
- Desarrollan operaciones de enfriamiento metalúrgico.
- Reducen las salpicaduras del metal.
- Aumentan la eficiencia de deposición.

- Eliminan impurezas y óxidos.
- Disminuyen la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

Algunos electrodos se pueden usar ya sea con corriente alterna o con corriente continua. Se han desarrollado ciertos revestimientos con el propósito de incrementar la cantidad de metal de aporte que se deposita por unidadde tiempo. Otros revestimientos contienen aditivos que aumentan la resistencia y mejoran la calidad de la soldadura. A pesar de que la mayoría de los revestimientos facilitan mucho el trabajo con los electrodos, otros requieren mayor habilidad del soldador⁸.

4.8.4 Electrodo revestido E7018. Electrodo de bajo hidrogeno con polvo de hierro en el revestimiento para soldar en todas posiciones. Tiene excelente propiedades mecánicas a temperaturas bajo cero.

4.8.4.1 Características sobresalientes.Calidad radiográfica excelente tenacidad a bajas temperaturas a probetas Charpy, electrodo de muy fácil operación con corriente directa CD polaridad invertida PI no hay chisporroteo ni salpicadura arco sereno y de fácil manipulación.

4.8.4.2 Uso y aplicaciones.Se puede soldar aceros que contienen impurezas tales como fosforo, azufre y aceros de bajo y mediano carbón es ideal para soldar maquinaria agrícola y de construcción grúas, puentes, tanques de almacenamiento compuestas hidráulicas, estructuras vagones y carrosferroviariosautomotriz termoeléctricos de astilleros etc.

4.8.4.3 Propiedades Mecánicas según AWS.

- Resistencia a la tensión: 49500 Kg/cm² (70,000.00lbs/pul²).
- Elongación en 50mm: 22%.
- Limite elástico: 4100Kg/cm² (58000 PSI).
- Dureza Brinell: 180.

⁸<http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd6712.pdf> 6.

- **Posiciones:**
 - Todas
- **Composición Química típica del material depositado:**
 - Carbono: 0.05%.
 - Manganeso: 1.03%.
 - Silicio: 0.60%.
 - Azufre: 0.020%.
 - Fósforo: 1.020%.

4.9 ACERO ASTM A 36

Es un acero estructural al carbono, utilizado en construcción de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

Tabla No. 1. Composición química de la colada (Acero ASTM A-36)

Carbono (C)	0,26% máx.
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04% máx.
Azufre (S)	0,05% máx.
Silicio (Si)	0,40% máx.
* Cobre (Cu)	0,20% mínimo

Fuente: www.ferrasa.com.co

Tabla No. 2. Propiedades mecánicas (Acero ASTM A-36)

LÍMITE DE FLUENCIA MÍNIMO		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			
Mpa	Psi	psi		Mpa	
		Min	Máx	Min	Máx.
250	36000	58000	80000	400	550

Fuente: www.ferrasa.com.co

5. METODOLOGÍA

La metodología empleada en el proyecto es tomar como referencia el montacargas existente para realizar así cálculos y comprobar la causa de la falla. Además con el diseño del nuevo prototipose espera que el montacargas soporte pesos de hasta 300 kg. Finalmente se procede a realizar los cambios físicos en el montacargas.

Se realizan los respectivos modelos matemáticos o computacionales del problema, planos eléctricos, fabricación de componentes mecánicos rediseñados, para garantizar el adecuado funcionamiento del equipo y fabricación del circuito de control. A continuación en la figura 1 se ilustra las condiciones en las que se encontraba el montacargas.

Figura 1. Montacargas que presenta la falla



Fuente: elaboración propia

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

En el presente capítulo se procede a mostrar el montacargas existente anteriormente en el Instituto y, luego del rediseño, el montacargas que finalmente se deja operando.

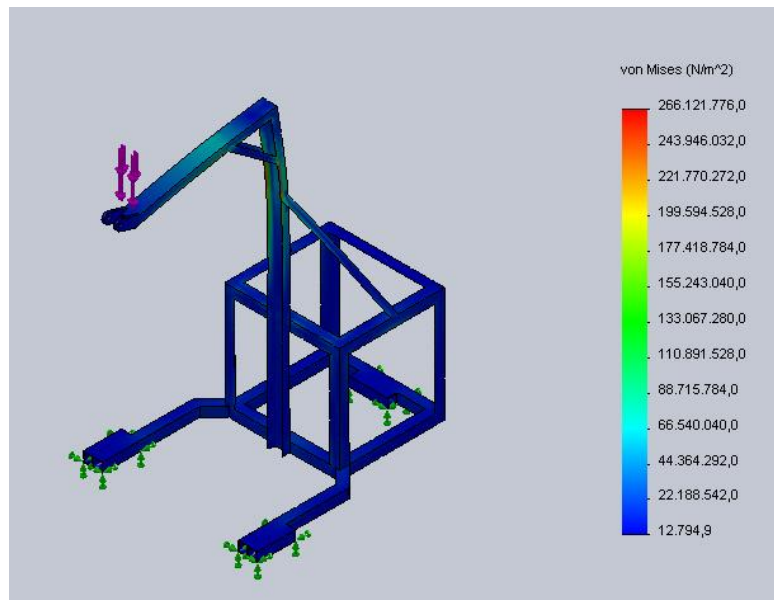
6.1 ANALISIS DEL PROBLEMA

Anteriormente como era conocido “la grúa” fue diseñada para levantar y posicionar los dispositivos de las fresadoras universales (cabezales para fresado vertical, oblicuo, divisores, amortajadores y otros dispositivos), de los cuales el más pesado no supera los 80 kg (aprox. 800 N). Investigando en la institución se encontró que la falla del brazo del montacargas se presentó debido a una sobrecarga.

Para verificar lo mencionado anteriormente y comprobar que la solución del problema es posible se recurre al uso de una herramienta CAD llamada “SOLIDWORKS”, el cual permite modelar el montacargas y realizar un análisis de resistencia mecánica a partir elementos finitos. Para realizar dicho análisis se debe conocer el material del montacargas, la carga y las respectivas restricciones. La estructura de el montacargas está fabricada en acero estructural ASTM A36, las restricciones se ubican en el lugar donde van situadas las ruedas y la carga en el lugar donde es transmitida la carga desde el cable. Adicionalmente, se ubican otras fuerzas que simulan la tensión del cable sobre el montacargas.

6.1.1 Verificación del modelo anterior. Con el modelo de el montacargas digitalizado tal y como era, se procede a realizar el análisis de elementos finitos, las condiciones de carga son de 100 kg (aprox. 1000N), entre los resultados obtenidos se encuentra un factor de seguridad de 0.93942. El límite de fluencia del acero ASTM A36 es de 250 MPa. En la figura No. 1 se puede observar que en algunos puntos los esfuerzos superan este límite y por esto se presenta la deformación plástica de el montacargas; era de esperarse, ya que el factor de seguridad es menos que 1 (F.S. < 1).

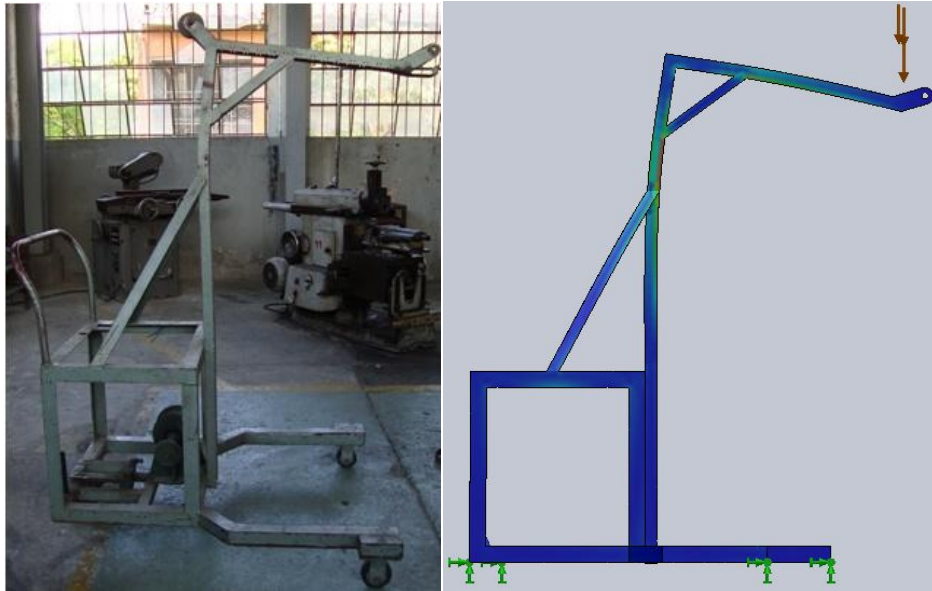
Figura 2. Distribución de esfuerzos en el montacargas para una carga de 100 kg. Escala de deformación de 8.64



Fuente: elaboración propia

A continuación en la figura 3 se compara una fotografía del montacargas anterior y una imagen del resultado de la simulación, y se puede observar la similitud de la falla en ambos casos (real y virtual), esto nos demuestra que la simulación del software es confiable para este caso.

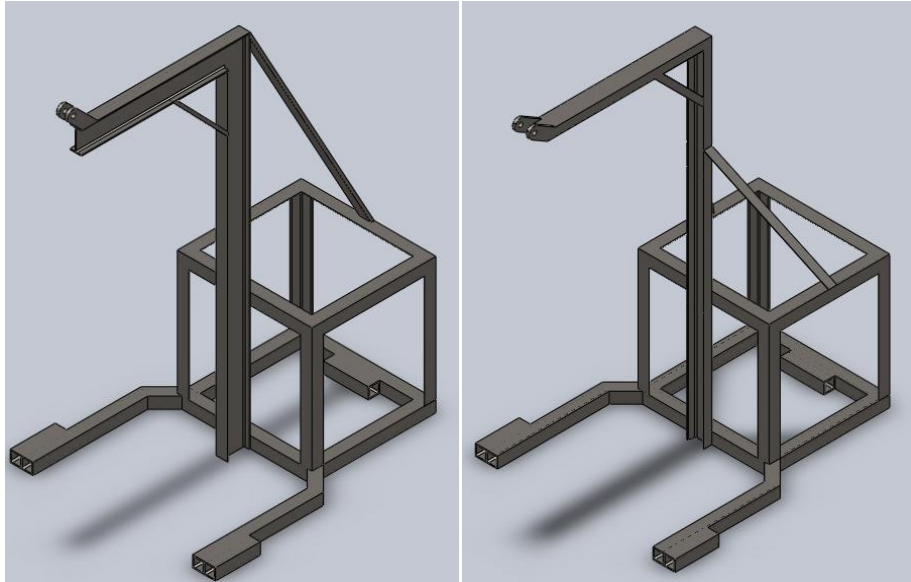
Figura 3. Grúa real (a). Modelo virtual (b)



Fuente: elaboración propia

6.1.2 Planteamiento de un nuevo modelo. Para resolver el problema planteado de levantar cargas de hasta 300 kg (aprox. 3000 N) se debe utilizar un perfil que tenga mayor resistencia a la flexión, para esto, se utiliza un perfil en “I”, el cual presenta un mayor momento de inercia que el perfil existente en el montacargas. De igual manera que el modelo anterior se digitaliza un posible modelo que cumpla con las solicitaciones deseadas (ver figura No. 4).

Figura 4. Modelo propuesto (a). Modelo anterior (b)

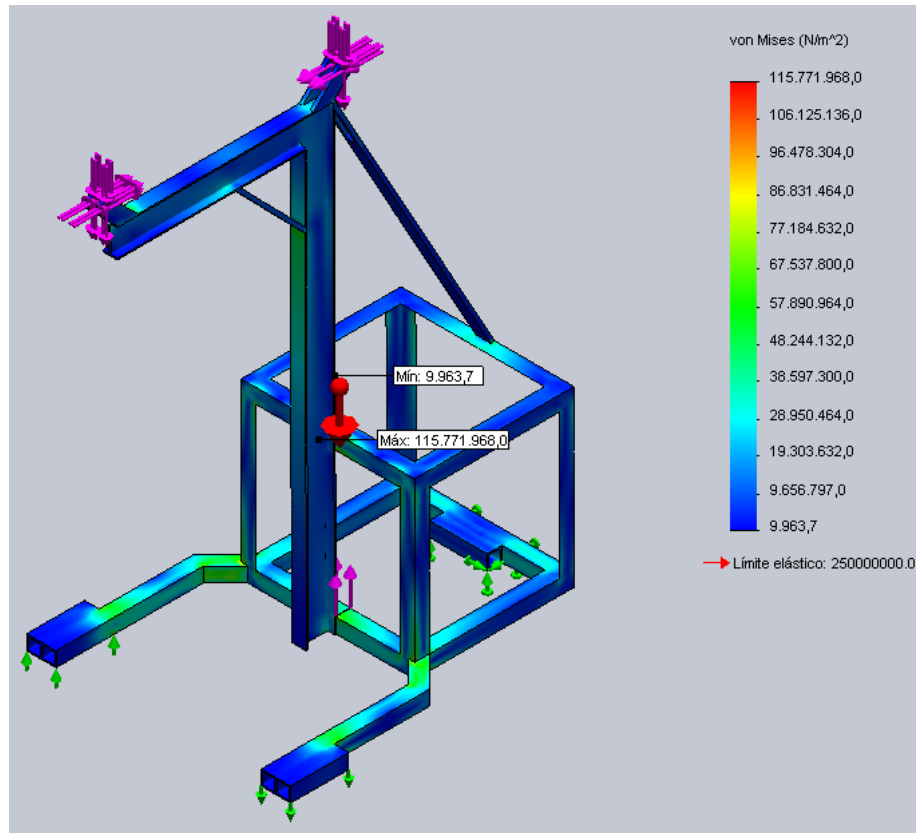


Fuente: elaboración propia

Para el análisis de elementos finitos realizado a este nuevo modelo se utilizan tres restricciones que simulan las tres ruedas de la grúa, la fuerza de la gravedad (con la que se tiene en cuenta el peso de la misma estructura, y una carga a evaluar de 3000 N (aprox. 300 kg). Adicionalmente se agregan fuerzas que simulen la tensión del cable (todas de igual magnitud).

Los resultados obtenidos son los esperados, el montacargas soporta los 3000 N con un factor de seguridad de 2.2. El factor de seguridad obtenido es el adecuado para la aplicación, ya que el montacargas siempre va a estar manipulada por una persona.

Figura 5. Distribución de esfuerzos en el montacargas para una carga de 300 kg



Fuente: elaboración propia

6.2 ANALISIS DE RESULTADOS

Se puede observar que el modelo propuesto para mejorar el existente cumple adecuadamente con las sollicitaciones requeridas, por esto, aprovechando parte de la estructura que se tiene actualmente, se puede utilizar el montacargas averiado para obtener el nuevo montacargas.

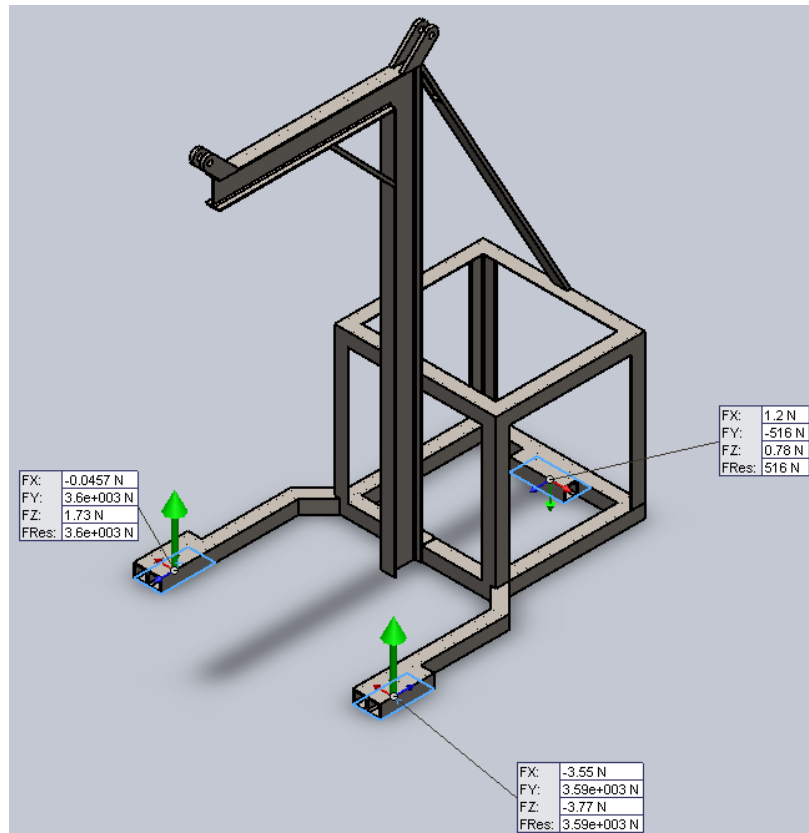
6.3 ANÁLISIS ESTÁTICO

6.3.1 Reacciones en los apoyos. Para realizar el análisis estático para obtener las reacciones en los apoyos se utiliza nuevamente la herramienta CAD llamada "SOLIDWORKS", la cual permite obtener los valores de las reacciones en los apoyos para las condiciones de carga máxima de 300 kg. Como es de esperarse los valores de las reacciones en la parte delantera (3600 N) son mayores que en

la parte trasera (516 N), ya que la carga se concentra en la parte delantera debido a la configuración de la grúa. Estos resultados de las reacciones se utilizan para la selección de las ruedas donde va soportada la grúa.

Se deben colocar ruedas que soporten 360 Kg. o más para la parte delantera del montacargas y de 50 Kg. o más para la parte trasera. Sin embargo, y atendiendo que el peso de los elementos mecánicos (que no se simularon en el modelo) van ubicados en la parte posterior del montacargas (cerca de la rueda trasera), es recomendable que las tres ruedas soportasen una carga superior a los 360 Kg., lo que adicionalmente daría más estética a la máquina.

Figura 6. Reacciones en los apoyos de la grúa para las condiciones de máxima carga

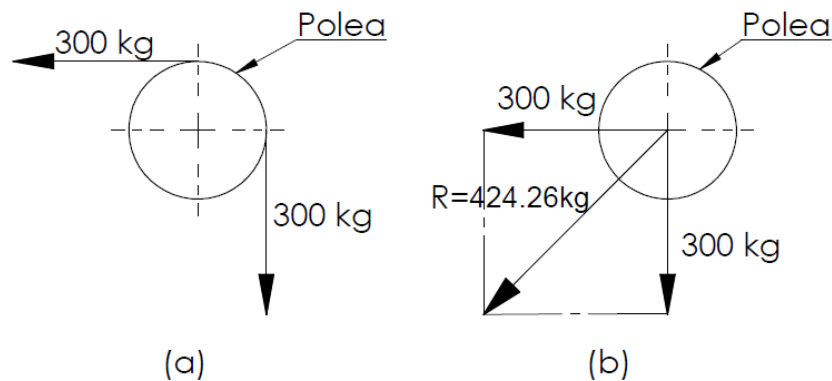


Fuente: elaboración propia

6.3.2 Reacciones en la polea. Las reacciones en las poleas es necesario conocerlas para seleccionar los rodamientos adecuados que cumplan con las sollicitaciones de carga. Se considera la polea como cuerpo rígido, y las cargas

que actúan sobre ellas son las cargas que actúan en el cable, el cable se considera inelástico y que la carga normal en el cable es constante debido a la disposición del equipo(ver Figura 7). Estas cargas actúan sobre el centro de la polea y generan una fuerza resultante R de 424.26 kg (ver Figura7). El rodamiento para la polea se escoge para que soporte esta carga en condiciones estáticas, ya que la velocidad del cable es muy baja y constante.

Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de la polea



6.4SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES

Algunos componentes de la grúa son comerciales, y por lo tanto se deben conocer todas las condiciones a las que son sometidos estos. Para este caso específico se deben utilizar ruedas que soporten una carga mínima de 3600 N (360 kg). En el anexo A se encuentra una tabla de especificaciones de ruedas comerciales, se seleccionan ruedas que soportan una carga de 350 Kg. (Ver anexo A).

Se selecciona el cable de acero que debe soportar una carga normal de 300 kg, pero para mayor seguridad y teniendo en cuenta que la grúa va a ser utilizada por personas y en caso que este falle puede causar un accidente indeseado se escoge un cable con un factor de seguridad de 5, es decir, el cable soporte 1500 kg, cuyas características son diámetro 4.7 (3/16”), constituido de 19 alambres y 7 torones la referencia del cable es 01-Cga-10, Ver anexo B.

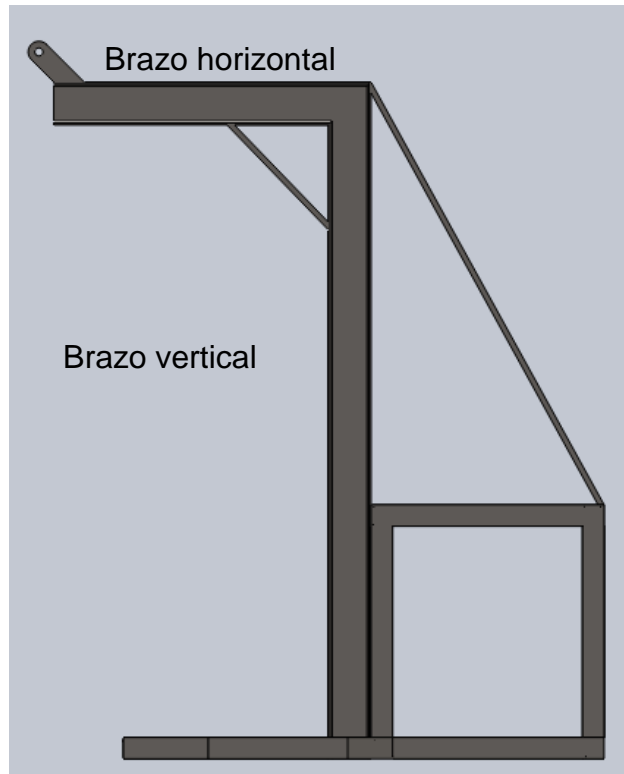
Como se mencionó en el numeral 6.3.2, la reacción en la polea define las características del rodamiento que se debe utilizar, para esta aplicación específica, el montaje de la polea tiene solamente un grado de libertad respecto al eje de giro,

por esta razón se escoge un rodamiento rígido de bolas que pueda soportar unas condiciones de carga estáticas de 424.26 kg (4162 N), el rodamiento que soporta estas condiciones de funcionamiento es de referencia 6203, ver anexo C.

6.5 VERIFICACIÓN DEL MODELO MEDIANTE MÉTODO TRADICIONAL

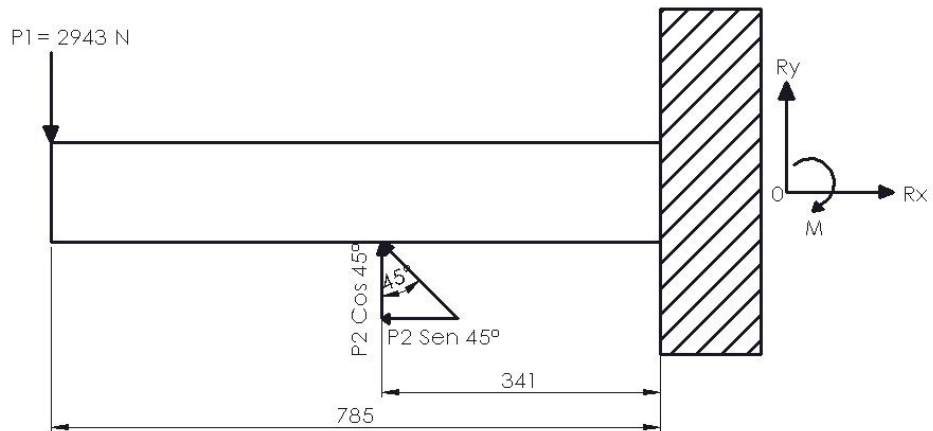
Para verificar los resultados obtenidos de la simulación realizada con Solid Works, se utilizó un modelo, al cual se le realizaron algunas suposiciones para poderlo desarrollar mediante un método tradicional. En primer lugar analizaremos el brazo horizontal de la grúa, para lo cual se asume que la columna vertical es totalmente rígida y que el vínculo entre ambos se considera como un empotramiento para el brazo horizontal (ver Figura 6.9). En la figura 6.10 se ilustra el respectivo diagrama de cuerpo libre para el brazo horizontal, asumiendo que la fuerza P2 descompuesta es producida por el pie amigo ubicado en la posición mencionada. Para obtener la magnitud de esta fuerza reactiva se asumió que el pie amigo está sometido a fuerzas de compresión que actúan en dirección paralela a su eje neutro, la sección es rectangular y a partir de la teoría de esfuerzos normales se puede conocer la fuerza interna que actúa sobre este elemento. El esfuerzo al que está sometido el elemento es de 20 MPa (obtenido a partir de Solid Works).

Figura 8. Esquema de brazo a analizar



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Diagrama de cuerpo libre del perfil a analizar



Fuente: elaboración propia

Para el análisis estático, la obtención del momento flector y la fuerza cortante presentes en la viga analizada se recurrió a la ayuda de un software educativo

llamado MD SOLIDS V 2.5. Teniendo en cuenta que las componentes de las fuerzas resultantes en el vínculo y en el apoyo en el eje "x" no se consideran ,a que la flexión y el esfuerzo cortante considerable son ejercidos por las componentes de las cargas y reacciones en el eje "y".Por lo general estos elementos en estas condiciones pueden fallar por esfuerzos de tracción causados por la flexión en el elemento, por lo tanto esos fueron los esfuerzos estudiados. A continuación se ilustran los resultados obtenidos para el momento flectory la fuerza cortante en el brazo horizontal.

Figura 10. Diagrama de momento flector

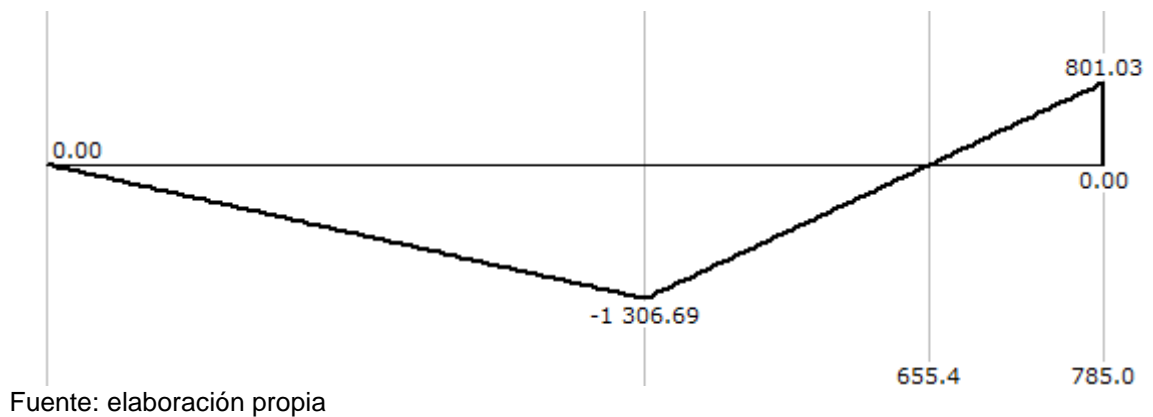
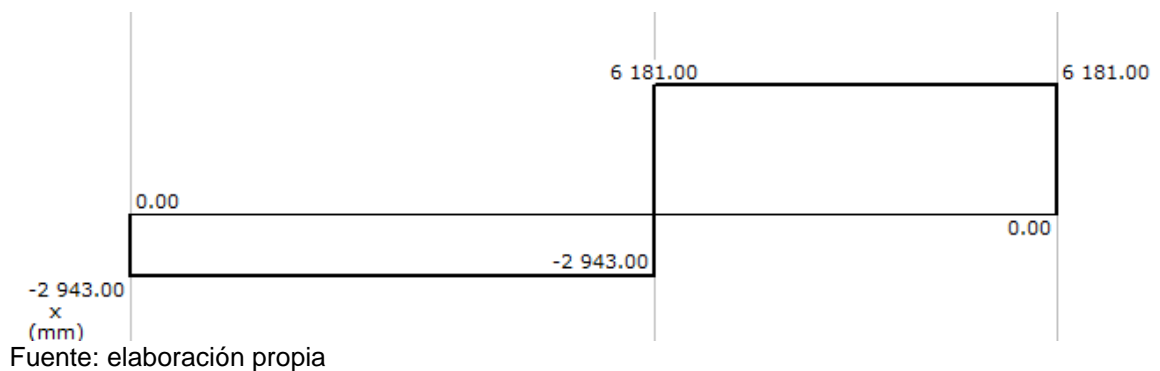


Figura 11. Diagrama de momento fuerza cortante



Como se puede observar en las figuras 10 y 11 la zona de mayor sollicitación para el elemento es donde se encuentra ubicado el pie amigo de refuerzo. En este lugar se obtuvieron los esfuerzos a partir de la ecuación 6.1.

$$\sigma = \frac{M*c}{I} \quad (6.1)$$

Dónde:

$$I = 1.71 \times 10^{-6} m^4$$

$$c = 0.0508 m$$

M: momento máximo

$$M = 1307 N \cdot m$$

Luego el esfuerzo obtenido es $\sigma = 38.82 MPa$, si verificamos en los resultados del análisis obtenido mediante SolidWorks (figura 6.13) la zona analizada tiene unos esfuerzos aproximados de 35 MPa, similares a los obtenidos por el método tradicional. Esto indica que el rediseño de la grúa, cumple con las solicitaciones planteadas anteriormente, y que el modelo escogido para el análisis de esta fue bien escogido.

6.6 ACTIVIDADES A CUMPLIR

- Adquirir los materiales.
- Retirar parte de la estructura.
- Mecanizar las diferentes piezas y mecanismos del montacargas.
- Dar ajuste de rodamiento a las platinas para soportar los ejes de las poleas.
- Construir poleas.
- Perforar partes de la estructura.
- Ensamblar según el rediseño todas las piezas que el montacargas posee.
- Soldar ángulos y perfiles a la estructura.
- Pulir y pintar toda la estructura.
- Acoplar el moto-reductor.
- Fijar ejes y poleas.
- Modificar los sistemas electromecánicos (control) del montacargas.
- Realizar conexiones.

- Fijar los microsiches.
- Instalar cargas de control de mando.
- Fijar cancho y alambre acerado.
- Poner a punto el montacargas.

6.7 MONTAJE Y/O ENSAMBLE FINAL DEL MONTACARGAS

Luego del proceso de diseño y de la que se consiguieron los elementos necesarios, se procede al montaje y/o ensamble del montacargas. Se termina con el proceso de pintura.

Aquí se realizan algunas modificaciones al diseño, a saber:

- Se decide cambiar las dimensiones del pie amigo debido a facilidad de fabricación y a que se tiene el material. Se utiliza el mismo perfil con el que se ensamblan las vigas del montacargas, lo que finalmente dará mayor resistencia al aparato.

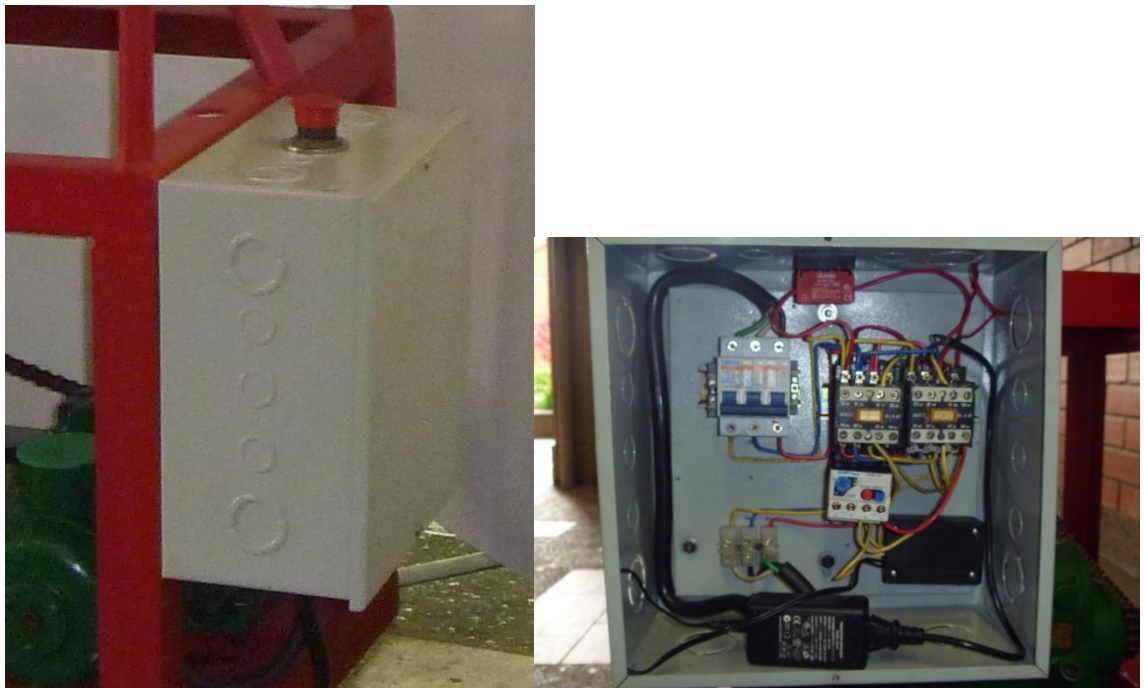
Figura 12. Nuevo pie amigo



Fuente: elaboración propia

Se ubica en la parte posterior la caja que contiene el control del montacargas. En la parte superior de dicha caja se ubica el paro de emergencia.

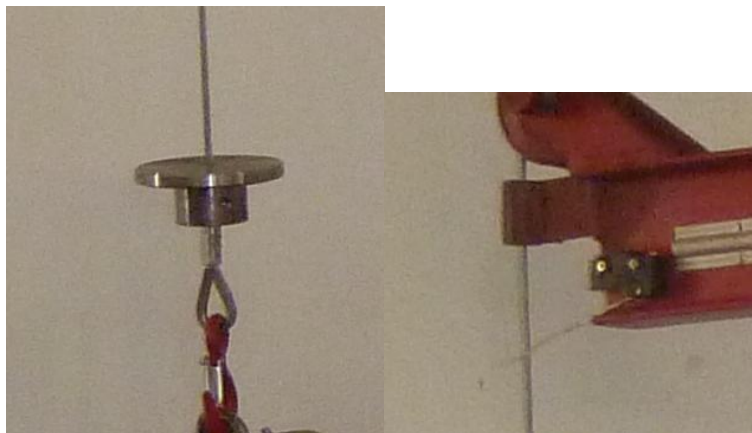
Figura 13. Caja de control (en la parte superior se ve el suiche para el paro de emergencia)



Fuente: elaboración propia

Se fabrica un “tope” que haga las veces de fin de carrera y evite así que el cable continúe enrollándose de manera indefinida. Adicionalmente se ubica en la parte superior, en el extremo de la viga horizontal, el microsuiche que cumplirá la función de detener el motor.

Figura 14. (a) Tope de fin de carrera. (b) Microsuiche de fin de carrera.



Fuente: elaboración propia

En las siguientes fotografías se muestra cómo quedó finalmente el montacargas.

Figura 15. Montacargas



Fuente: elaboración propia

6.7.1 Pruebas. Se prueba el montacargas en el taller, levantando los mismos elementos que normalmente son los utilizados que serán izados con el montacargas. Tanto mecánicamente como el control, tienen un funcionamiento satisfactorio.

Se encuentra que la velocidad de ascenso y descenso es adecuada, que el montacargas se puede desplazar fácilmente por el taller con la fuerza de una sola persona; que funciona el paro de emergencia y que el control remoto da muchas

facilidades para que una sola persona pueda realizar funciones tales como el cambio de los cabezales de las máquinas herramientas.

7. CONCLUSIONES

- Finalmente el rediseño del montacargas eléctrico con tracción manual se ha hecho realidad contribuyendo con unas mejores condiciones de trabajo en los talleres de la institución.
- Mediante la investigación y los conocimientos adquiridos en la tecnología electromecánica se llevaron a cabo los cálculos necesarios para el rediseño.
- Mediante la investigación y las simulaciones realizadas en SolidWorks se logró realizar un rediseño con un factor de seguridad más alto y una mayor capacidad de carga.
- Al diseñar el sistema de control se logró reducir el consumo de corriente para obtener mayores beneficios y menores costos. Adicionalmente, con el control remoto se facilita que una sola persona pueda hacer las operaciones de montaje y desmontaje de los cabezotes de las fresadoras y de otros elementos de las máquinas herramientas de los talleres del Instituto.
- Con el rediseño del montacargas el mantenimiento preventivo de éste se minimizó.
- El modelo escogido para el análisis de esfuerzos fue adecuado, ya que los resultados obtenidos por los dos métodos estudiados en la investigación resultaron muy similares y esto da mayor confiabilidad a la hora de fabricar el componente.

8. RECOMENDACIONES

- Aunque el diseño del montacargas indica que este resiste satisfactoriamente con la carga propuesta, se recomienda tener cuidado cuando este se encuentre cargado con su máxima carga y especialmente si se encuentra en movimiento, ya que las oscilaciones (el movimiento de péndulo) que se puede generar del elemento que se esté cargando, puede hacer desestabilizar el montacargas y generar un accidente.
- Cuando la carga se encuentra alta, se puede desestabilizar también más fácilmente el montacargas con un freno brusco (que puede producirse cuando se atranque una rueda), ya que la fuerza se está produciendo muy alta del suelo y esto hace que el centro de gravedad del montacargas se encuentre alto en ese momento.
- Por los motivos anteriores se recomienda que, luego de que se alcen los elementos con el montacargas, se proceda a bajarlos cerca del suelo para proceder con el transporte del montacargas. Adicionalmente se debe estar pendiente de que el movimiento pendular de la carga no sea muy alto.
- En general, y teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, se recomienda que quienes vayan a utilizar el montacargas conozcan lo ya citado y lo hagan con bastante cuidado, ya que un mal uso de esta herramienta puede desencadenar un accidente.
- La selección de las llantas utilizadas (principalmente las dos delanteras) está al límite, por lo que se recomienda no utilizar continuamente el montacargas con el peso máximo permitido y manipularlo con cuidado cuando se encuentre cerca de los 300 Kg.

BIBLIOGRAFÍA

BEER-JOHNSON. Mecánica vectorial para ingenieros. México: McGraw Hill.1960, 750 Pág.

CHAVARRO, Hernando. Manejo Seguro de Montacargas. Bogotá: Seguro Social. 27 Pág. 2001

DEMAC Series. Operation Manual. Phoenix: Book Format. 1985,3 Pág.

GERE-TIMOSHENKO. Mecánica de materiales. España: Grupo Editorial Iberoamer. 1995,789 Pág.

HELLMUT E, Ernest. Aparato de elevación y transporte. Tomo II Tornos y Grúas. Editorial Blume, Barcelona, 1969.

IMSA (Empresas Metálicas Sudamericanas S.A). Ruedas y Rodachines. Colombia, 2003,6 Pág.

JARPER, Enríquez. El ABC de las maquinas eléctricas, motores de corriente alterna Tomo II. Editorial Limusa S.A de C.V. Grupo Noriega Editores México, DF, 1999.

Manual de aceros finos, Unitec aceros. Boehler S.A

MONTOYA VALENCIA José Lucio. Universidad Tecnológica de Pereira 2000 El ingeniero eléctrico de planta.

Programa Standard FAG, catálogo 41500/2 SA. Fag Kugelfischer Georg Shafer & Co.

ROLDAN VILORIA, José. Motores eléctricos. Aplicaciones Industriales.

SHIGLEY, Joseph Edward. Mischke R. Charles, Diseño en Ingeniería Mecánica 5ta Edición, Mc Graw Hill.

ANEXOS

Anexo A. Catálogo de ruedas industriales



Fuente: www.antioquenaderidachinas.com

ZN1125 125

Ruedas fabricadas 100% en Nylon de alta resistencia. Se caracterizan por su dureza y altísima tolerancia a condiciones adversas como humedad, calor y contacto con sustancias químicas. Sus usos pueden ir desde pequeñas estanterías o exhibidores hasta las más duras condiciones en el área industrial

Rodillos de Nylon

CÓDIGO	DIÁMETRO	ANCHO	EJE	CARGA
Z70	82	70	20	600
Z80	82	80	20	620
Z100	82	100	20	650

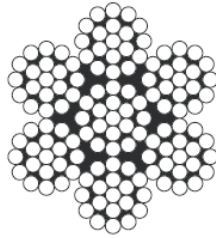
Fuente: www.antioquenaderidachinas.com

Ruedas Nylon

CÓDIGO	DIÁMETRO	ANCHO	EJE	CARGA
ZN 1125	125	50	19	350 (Rueda Seleccionada)
ZN200	200	50	19	450

Fuente: www.antioquenaderidachinas.com

Anexo B. Catálogo de cables de acero



7X19

CÓDIGO	CONS.	DIAMETRO	KG X METRO	CARGA RUPTURA EN KG APROX.
02-Cia-08	7 X 19	4.7 mm (3/16")	0.097	1500 Kg
02-Cia-09	7 X 19	6.3 mm (1/4")	0.164	2650 Kg
02-Cia-13	7 X 19	8 mm (5/16")	0.268	4120 Kg
02-Cia-12	7 X 19	9.5 mm (3/8")	0.387	6560 Kg
02-Cia-14	7 X 19	12.5 mm (1/2")	0.684	11500 Kg

Fuente: Catálogo de cables de acero C&B Parts Comercializadora. En línea.

Anexo C. Selección de rodamiento

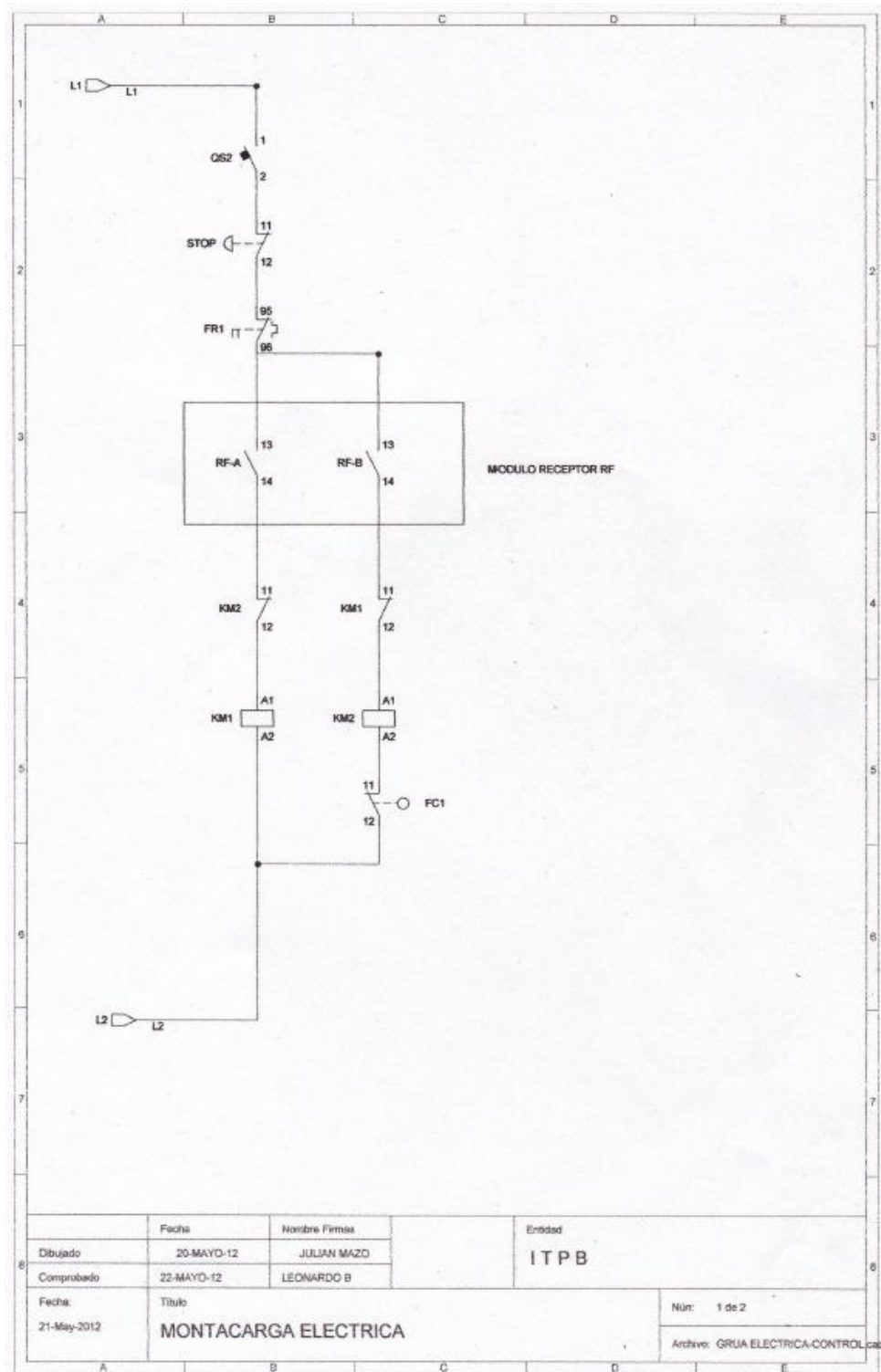
Eje	Dimensiones							Peso = kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares			
	d	D	B	r _s mm	H =	H ₁ =	J =		dyn. C	stat. C ₀				D ₁ mm	D ₂ max	r _s max	
	mm				mm	mm	mm		kN								
15	35	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	20000	24000	6202	19,2	30,8	0,6	
	35	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	20000	24000	6202.W203B	19,2	30,8	0,6	
	35	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,046	7,8	3,75	20000	24000	6202.ZRH	19,2	30,8	0,6	
	35	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,046	7,8	3,75	14000	14000	6202.ZRSR	19,2	30,8	0,6	
	35	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,046	7,8	3,75	14000	14000	6202.ZRSR.W203B	19,2	30,8	0,6	
	35	35	14	0,6	29,3	30,9	21,1	0,057	7,8	3,75	14000		6202.ZRSR	19,2	30,8	0,6	
	42	42	13	1	33,5	35	23,6	0,088	11,4	5,4	43000	22000	6301	20,6	36,4	1	
	42	42	13	1	33,5	35	23,6	0,088	11,4	5,4	43000	22000	6301.W203B	20,6	36,4	1	
	42	42	13	1	33,5	35	23,6	0,09	11,4	5,4	12000	22000	6301.ZRH	20,6	36,4	1	
	42	42	13	1	33,5	35	23,6	0,09	11,4	5,4	12000	12000	6301.ZRSR	20,6	36,4	1	
	42	42	13	1	33,5	35	23,6	0,09	11,4	5,4	12000	12000	6301.ZRSR.W203B	20,6	36,4	1	
	42	42	17	1	33,5	35	23,6	0,114	11,4	5,4	12000		62902.ZRSR	20,6	36,4	1	
	17	35	35	8	0,3	29,4	30,8	22,6	0,03	6	3,25	28000	20000	6003	19	33	0,3
		35	35	10	0,3	29,4	30,8	22,6	0,038	6	3,25	28000	22000	6003	19	33	0,3
		35	35	10	0,3	29,4	30,8	22,6	0,038	6	3,25	28000	22000	6003.W203B	19	33	0,3
35		35	10	0,3	29,4	30,8	22,6	0,04	6	3,25	22000	22000	6003.ZRH	19	33	0,3	
35		35	10	0,3	29,4	30,8	22,6	0,04	6	3,25	14000		6003.ZRSR	19	33	0,3	
35		35	10	0,3	29,4	30,8	22,6	0,04	6	3,25	14000		6003.ZRSR.W203B	19	33	0,3	
40		40	12	0,6	33,1	34,4	24	0,065	9,5	4,75	22000	20000	6203	21,2	35,8	0,6	
40		40	12	0,6	33,1	34,4	24	0,065	9,5	4,75	22000	20000	6203.W203B	21,2	35,8	0,6	
40		40	12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	18000	20000	6203.ZRH	21,2	35,8	0,6	
40		40	12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	12000		6203.ZRSR	21,2	35,8	0,6	
40		40	12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	12000		6203.ZRSR.W203B	21,2	35,8	0,6	
40		40	16	0,6	33,1	34,4	24	0,087	9,5	4,75	12000		62203.ZRSR	21,2	35,8	0,6	
47		47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,114	13,4	6,55	19000	20000	6303	22,6	41,4	1	
47		47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,111	13,4	6,55	19000	20000	6303.W203B	22,6	41,4	1	
47		47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,117	13,4	6,55	16000	20000	6303.ZRH	22,6	41,4	1	
47		47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,118	13,4	6,55	11000		6303.ZRSR	22,6	41,4	1	
47		47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,118	13,4	6,55	11000		6303.ZRSR.W203B	22,6	41,4	1	
47		47	19	1	37,9	39,3	26,2	0,154	13,4	6,55	11000		62903.ZRSR	22,6	41,4	1	
62		62	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,269	22,4	11,4	28000	17000	6403	26	53	1	
20		42	42	8	0,3	34,7	36,1	27,2	0,05	6,95	4,05	22000	16000	6004	22	40	0,3
		42	42	12	0,6	35,5	37,4	26,6	0,088	9,3	5	20000	20000	6004	23,2	38,8	0,6
	42	42	12	0,6	35,5	37,4	26,6	0,064	9,3	5	20000	20000	6004.W203B	23,2	38,8	0,6	
	42	42	12	0,6	35,5	37,4	26,6	0,071	9,3	5	17000	20000	6004.ZRH	23,2	38,8	0,6	
	42	42	12	0,6	35,5	37,4	26,6	0,071	9,3	5	12000		6004.ZRSR	23,2	38,8	0,6	
	42	42	12	0,6	35,5	37,4	26,6	0,087	9,3	5	12000		6004.ZRSR.W203B	23,2	38,8	0,6	

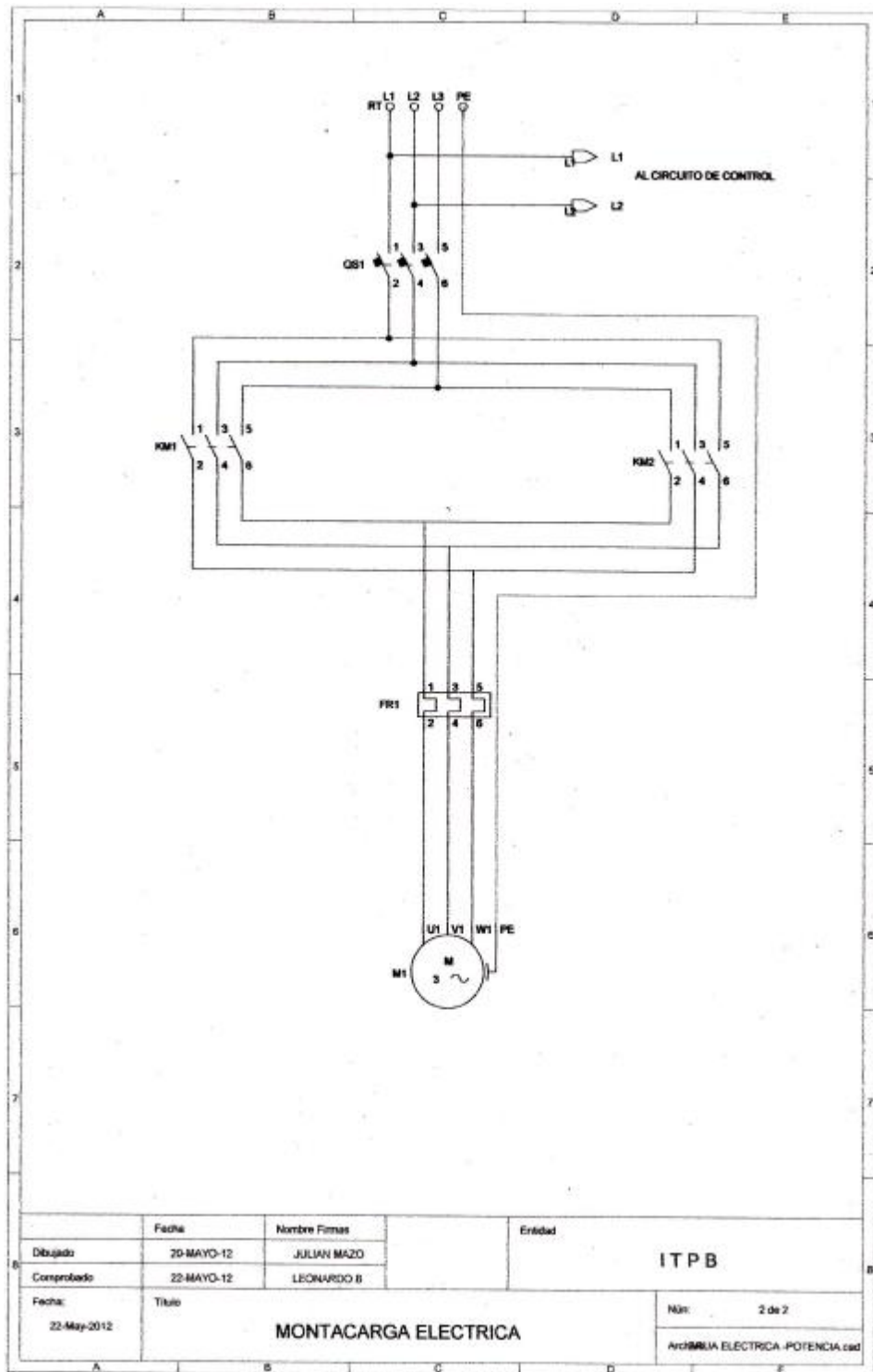
FAG | 156

Fuente: Catalogo de rodamiento FAG

Bajo demanda también son suministrables otras ejecuciones; no duden en contactarnos.

Anexo D. Planos eléctrico del control del montacargas





Fuente: elaboración propia