ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR DE CARGA CON CAPACIDAD DE 200 kg y 20 m DE ELEVACIÓN PARA EL LABORATORIO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DEL INGENIERO MECÁNICO

JACINTO JAVIER PUJOTA SIMBAÑA
Javier.jacinto@hotmail.es

BYRON MAURICIO ROSALES SARMIENTO
mauricio7sx@hotmail.com

DIRECTOR: Fís. Marco Vinicio Yánez Salcedo, M.Sc.

m.yanez@epn.edu.ec

Quito, noviembre de 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Jacinto Javier Pujota Simbaña y Byron Mauricio Rosales Sarmiento declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos todos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jacinto Javier Pujota Simbaña	Byron Mauricio Rosales Sarmiento

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente trabajo fue realizado por los señores: JACINTO JAVIER PUJOTA SIMBAÑA; BYRON MAURICIO ROSALES SARMIENTO

_____

Fís. Marco Vinicio Yánez Salcedo, M.Sc.

DIRECTOR

_____ _____

Víctor Hugo Guerrero Barragán, PhD — COLABORADOR

Ing. Mario German Granja Ramírez — COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme guiado de una manera adecuada en la vida, sabiendo educarme con amor y sabiduría en cada uno de los momentos que pasamos juntos, además por ser un ejemplo a seguir de perseverancia y ganas de vivir para hacer los sueños realidad.

A mis hermanos por haber depositado su confianza en mí, por su apoyo moral en todo momento, y sepan que en todo momento y lugar lo he sentido.
A todos los que conforman la Facultad de Ingeniería Mecánica, maestros, cuerpo administrativo, que supieron enseñar no solamente su cátedra y sus conocimientos sino también los valores humanos y experiencia.

Al Fis. Marco Yánez por haber apoyado interesadamente en la consecución de este proyecto.

Al Dr. Víctor Guerrero e Ingeniero Mario Granja por su incondicional apoyo, sus consejos acertados que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

A amigos mis compañeros, de este centro educativo con quienes realice de una manera exitosa la vida universitaria.

Jacinto Javier Pujota Simbaña

AGRADECIMIENTOS

A mi madre que en todo momento me brindó a distancia su apoyo incondicional para seguir adelante en mis estudios, que siempre supo educarme con principios y valores, que me enseño que para llegar a una meta hay que ser perseverante hasta conseguir lo que se quiere, que siempre hay solución para todos los problemas que se presentan en la vida y que nunca se debe renunciar a lo que se quiere.

A mis hermanos que en todo momento me brindaron su cariño, sus consejos y su apoyo incondicional para enfrentar día a día los problemas que se presentan, que me ensañaron a ver la vida desde otro punto de vista, que con su compañía y sentido de humor hicieron mi paso por la vida universitaria una experiencia muy agradable.

A mis compañeros por haber compartido inolvidables momentos, que con su carisma y compañerismo hicieron vida mi paso por la universidad una experiencia verdaderamente grata.

Byron Mauricio Rosales Sarmiento

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres y mis hermanos como muestra de cariño que les tengo, por sus eternos sacrificios y por haber apoyado en todo momento para alcanzar uno de los objetivos de mi vida.

A mis queridos sobrinos quienes han sido una motivación, inspiración y el coraje para conseguir mis objetivos.

A mis amigos con quienes compartimos hermosos momentos en las aulas de la Institución, enseñándome el valor de una palabra de aliento dispuesta al levantar al caído.

Jacinto Javier Pujota Simbaña

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi madre, a mis hermanos y a mi familia ya que han estado presentes apoyándome en todo momento de mi paso por la vida universitaria, especialmente a mi madre ya que ella es la persona que siempre me ha sabido motivar para salir adelante, para superar todos los problemas, de luchar por lo que se quiere hasta conseguir las metas que uno se propone en la vida.

Byron Mauricio Rosales Sarmiento

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN ii
CERTIFICACIÓN iii
AGRADECIMIENTOS iv
DEDICATORIA vi
RESUMEN xvi
PRESENTACIÓN xvii
CAPÍTULO 1 1
GENERALIDADES 1
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO: 1
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO 2
1.3. ELEVADORES DE CARGA 3
1.4. GRÚAS DE CARGA 3
1.4.1. GRÚAS TORRE O DE PESCANTE 4
1.4.2. GRÚAS BRAZO MÓVIL O ARTICULADO 6
1.4.3. GRÚA PUENTE 8
1.4.4. GRÚA PÓRTICO 8
1.4.5. GRÚA TELESCÓPICA 9
1.4.6. GRÚAS PORTUARIAS 10
1.4.7. GRÚAS PARA LA CONSTRUCCIÓN 11
1.4.8. GRÚAS CON BASE FIJA 11
1.4.9. GRÚAS CON BASE MÓVIL 12
1.5. ESTRUCTURAS, MATERIALES PARA ELEVADORES 14
1.5.1. ESTRUCTURA Y MATERIALES 14
1.5.2. DISEÑO DE GANCHOS 15
1.5.3. CABLES 16
1.5.4. POLEAS 17
1.5.5. MOTORES 19
1.6. PARÁMETROS DE DISEÑO DE ELEVADORES 21
1.7. ANCLAJES 22
1.7.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE ANCLAJES 23
1.7.2. SEGÚN SUS APLICACIONES EN FUNCIÓN DE SUS SERVICIOS 24
1.7.3. SEGÚN LA FORMA DE TRABAJAR 24
1.7.4. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN 25
1.7.5. CIMENTACIÓN 26
1.7.6. FLEXIBILIDAD ADAPTADA 27
CAPÍTULO 2 30

PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO 30
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 30
2.2. PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO 31
2.2.1. PARÁMETROS 31
2.3. ESPECIFICACIONES 32
2.4. ALTERNATIVA I 35
2.5. ALTERNATIVA II 39
2.6. ALTERNATIVA III 43
2.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO 45
2.7.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES 46
2.7.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES 49
2.8. GUIADO DE LA CANASTA 54
2.9. DISEÑO DEL ELEVADOR 55
2.9.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO 55
2.10. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA A CONSTRUIR 56
2.10.1. FACTOR DE SEGURIDAD 57
2.10.2. CARGAS EN EL ELEVADOR 57
CAPÍTULO 3 60
DISEÑO DE LA MÁQUINA 60
3.1. SISTEMA DE GIRO Y ELEVACIÓN 60
3.1.1. DISEÑO DEL BRAZO 60
3.1.2. PERFIL INCLINADO 63
3.1.3. PASADOR 65
3.1.4. DISEÑO DEL EJE DE LA POLEA 71
3.1.5. SELECCIÓN DEL CABLE 76
3.1.6. NORMA DIN 4130 84
3.1.7. DISEÑO DE LA POLEA 85
3.1.8. POLIPASTO ELÉCTRICO 87
3.1.9. SELECCIÓN DE RODAMIENTO 88
3.1.10. SELECCIÓN DE LA GANCHO 91
3.1.11. SELECCIÓN DEL SUJETA-CABLES 92
3.1.12. SELECCIÓN DE PERFILES “L” 94
3.2. SISTEMA FIJO 94
3.2.1. DISEÑO DE LA COLUMNA 94
3.2.2. DISEÑO COMO COLUMNA 98
3.2.3. DISEÑO DE LA PLACA SOPORTE 100
3.2.4. DISEÑO DE LA PLACA BASE 104

3.2.5. DISEÑO DE LA PLACA RIGIDIZADORA 105
3.2.6. DISEÑO DEL TOL PARA EL POLIPASTO 106
3.2.7. DISEÑO DE LAS PLACAS DE REFUERZO 108
3.2.8. DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS 110
3.2.9. DISEÑO DE LA SOLDADURA PLACA Y COLUMNA 112
3.2.10. SELECCIÓN DE LOS PERNOS 116
3.3. ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA 120
3.3.1. CIMENTACIÓN 120
3.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTACIÓN 121
3.4. SISTEMA DE GUÍADO 123
3.4.1. SELECCIÓN DE LOS PERFILES DE LA CANASTA 123
3.5. LUBRICACIÓN DE CABLES 124
3.5.1. TIPOS DE LUBRICANTES 125
3.5.2. GRASA 126
CAPÍTULO 4 130
CONSTRUCCIÓN MONTAJE, PROTOCOLO DE PRUEBAS y COSTOS 130
4.1. CONSTRUCCIÓN DEL ELEVADOR 130
4.1.1. REQUERIMIENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN 130
4.1.2. HOJA DE PROCESOS 131
4.1.3. FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL ELEVADOR DE CARGA 132
4.1.4. FABRICACIÓN 134
4.1.5. MONTAJE FINAL 138
4.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS 142
4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO 147
4.3.1. ANÁLISIS DE LOS COSTOS TOTALES DIRECTOS 147
4.3.2. COSTO DIRECTO TOTAL 151
4.3.3. ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS 151
4.3.4. COSTO TOTAL INDIRECTO 153
4.3.5. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA 154
CAPÍTULO 5 155
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 155
5.1. CONCLUSIONES 155
5.2. RECOMENDACIONES 156
BIBLIOGRAFÍA 157
ANEXOS 159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Grúa torre 5
Figura 1.2 Grúa auto desplegable. 5
Figura 1.3 Grúa torre trepadora. 6
Figura 1.4 Grúa de brazo. 7
Figura 1.5 Grúa de brazo giratorio. 7
Figura 1.6 Grúa puente. 8
Figura 1.7 Grúa pórtico. 8
Figura 1.8 Grúa semi-pórtico. 9
Figura 1.9 Grúa telescópica. 10
Figura 1.10 Grúa portuaria. 10
Figura 1.11 Grúa ménsula grúa (grúa fija). 12
Figura 1.12 Grúa montada sobre camiones. 12
Figura 1.13 Grúa industrial móvil. 13
Figura 1.14 Grúas sobre orugas. 13
Figura 1.15 Gancho con seguro. 16
Figura 1.16 Polea fija. 18
Figura 1.17 Polea simple móvil. 18
Figura 1.18 Polipastos. 19
Figura 1.19 Cimentación con tornillos de anclaje. 26
Figura 1.20 Anclaje con placa intermedia. 26
Figura 1.21 Anclaje con placa intermedia sobre hormigón forjado. 27
Figura 1.22 Fijación a columnas empotradas. 27
Figura 1.23 Fijación a columnas de hormigón armado. 28
Figura 1.24 Fijación a paredes o columnas de hormigón armado. 29
Figura 2.1 Materiales ubicados en la terraza. 31
Figura 2.2 Terraza y bordillo. 32
Figura 2.3 Elevador de pluma usado en construcción. 35
Figura 2.4 Movimientos de que realiza la máquina. 36
Figura 2.5 Movimiento de sus partes. 37
Figura 2.6 Movimientos de la pluma y del cable. 37
Figura 2.7 Elevador ubicado en el edificio FIM. 38
Figura 2.8 Vista de elevador, canasta. 38
Figura 2.9 Ubicación y anclaje del riel. 39
Figura 2.10 Elevador de estructura. 40
Figura 2.11 Vista de ubicación en el edificio. 41
Figura 2.12 Vista de funcionamiento. 41

Figura 2.13 Vista frontal de ubicación en el edificio. 42
Figura 2.14 Desplazamiento del cable y rotación del tambor. 43
Figura 2.15 Elevador de brazo giratorio. 43
Figura 2.16 Funcionamiento del mecanismo. 44
Figura 2.17 Ubicación en el edificio de la FIM. 44
Figura 2.18 Muestra la distancia y partes de la máquina. 58
Figura 2.19 Diagrama de cuerpo libre en la máquina. 59
Figura 3.1 Diagrama de fuerzas para el brazo. 61
Figura 3.2 Carga total al elevador. 61
Figura 3.3 Diagrama perfil horizontal. 62
Figura 3.4 Sección transversal, perfil estructural cuadrado. 62
Figura 3.5 Diagrama de fuerzas perfil inclinado. 64
Figura 3.6 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 64
Figura 3.7 Diagrama de fuerzas en el Pasador 1. 66
Figura 3.8 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 67
Figura 3.9 Diagrama de fuerzas en el pasador. 68
Figura 3.10 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 69
Figura 3.11 Pasador intermedio. 70
Figura 3.12 Diagrama de fuerzas eje de la polea. 71
Figura 3.13 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 72
Figura 3.14 Relación **pSu** 82
Figura 3.15 Perfil normal de gargantas. 85
Figura 3.16 Polea de fundición y en construcción soldada. 85
Figura 3.17 Partes del rodamiento. 89
Figura 3.18 Grapas forjadas para cables. 92
Figura 3.19 Perfil tipo “L”. 94
Figura 3.20 Diagrama de fuerzas de la columna. 95
Figura 3.21 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 96
Figura 3.22 Sección transversal, perfil estructural redondo. 98
Figura 3.23 Diagrama de fuerzas y esfuerzos en la placa. 101
Figura 3.24 Medidas de la placa. 104
Figura 3.25 Placa rigidizadora y diagrama de fuezas 105
Figura 3.26 Medidas de la placa para el motor. 106
Figura 3.27 Placas refuerzo. 108
Figura 3.28 Soldadura de filete entre la columna y la placa. 110
Figura 3.29 Soldadura de filete entre la columna y la placa. 112
Figura 3.30 Muestra los pernos para sujeción 116

Figura 3.31 Muestra los pernos para sujeción..... 123
Figura 3.32 Canasta. 123
Figura 3.33 Diagrama de fuerza cortante y momento flector. 124
Figura 4.1 Estructura principal. 132
Figura 4.2 Soldadura de canasta. 133
Figura 4.3 Soldando placas; redondeo aristas vivas. 134
Figura 4.4 Agujeros taladro fijo. 135
Figura 4.5 Soldadura de placas, columna armada. 136
Figura 4.6 Posicionando la canasta. 136
Figura 4.7 Soldadura perno-varilla. 137
Figura 4.8 Soldadura perno-varilla. 137
Figura 4.9 Base de concreto. 138
Figura 4.10 Partes del elevador. 138
Figura 4.11 Ubicación columna principal..... 139
Figura 4.12 Vista lateral y de perfil. 139
Figura 4.13 Apriete en la base. 140
Figura 4.14 Cambio de cable 140
Figura 4.15 Cable tensado..... 141
Figura 4.16 Instalación toma-corriente. 141
Figura 4.17 Elevador instalado. 142
Figura 4.18 Pintado columna. 142
Figura 4.19 Elevación de carga sin cuerda. 145
Figura 4.20 Ubicación del elevador. 146

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Puntos de fluencia varios grados de acero estructural. 15
Tabla 2.1 Documento de especificación del elevador de cargas. 32
Tabla 2.2 Referencia de especificaciones. 33
Tabla 2.3 Evaluación del peso específico de cada criterio. 49
Tabla 2.4 Evaluación del peso específico del criterio *Peso.* 50
Tabla 2.5 Evaluación del peso específico del criterio *Mantenimiento.* 50
Tabla 2.6 Evaluación del peso específico del criterio *Precio.* 50
Tabla 2.7 Evaluación del peso específico del criterio *Ergonomía.* 51
Tabla 2.8 Evaluación del peso específico del criterio *Funcionalidad.* 51
Tabla 2.9 Evaluación del peso específico del criterio *Fácil construcción y montaje.* 51
Tabla 2.10 Evaluación del peso específico del criterio *Fiabilidad.* 52
Tabla 2.11 Evaluación del peso específico del criterio *Tamaño.* 52
Tabla 2.12 Conclusiones de cada uno de los criterios. 53
Tabla 3.1 Propiedades del perfil. 62
Tabla 3.2 Valores de las constantes. 74
Tabla 3.3 Factores de confiabilidad de acuerdo al porcentaje de confiabilidad. 75
Tabla 3.4 Datos de cables metálicos. 78
Tabla 3.5 Material de la polea. 80
Tabla 3.6 Factor de seguridad a la fatiga. 83
Tabla 3.7 Clasificación de los cables (norma DIN 4130). 84
Tabla 3.8 Factores de seguridad y coeficiente k y c extraído (DIN 4130). 84
Tabla 3.9 Presiones permisibles en poleas (psi). 86
Tabla 3.10 Características constructivas de los grupos tractores. 88
Tabla 3.11 Factores de carga equivalente. 90
Tabla 3.12 Carga limite de trabajo para ganchos tipo ojo. 91
Tabla 3.13 Medidas para el gancho seleccionado. 92
Tabla 3.14 Numero para sujeta cables. 93
Tabla 3.15 Numero para sujeta cables. 93
Tabla 3.16 Propiedades del perfil. 98
Tabla 3.17 Elección del espesor de placa. 103
Tabla 3.18 Factor de seguridad 107
Tabla 3.19 Propiedades mínimas del metal de soldadura. 111
Tabla 3.20 Parametros de la rididez de varios materiales. 119
Tabla 3.21 Dimensiones base de concreto 122
Tabla 4.1 Protocolo de pruebas 143
Tabla 4.2 Peso aproximado de la máquina 146

Tabla 4.3 Costo materia prima. 148
Tabla 4.4 Costo elementos Normalizados 149
Tabla 4.5 Costo máquinado hora 149
Tabla 4.6 Costo mano de obra directa empleada. 150
Tabla 4.7 Costo de montaje 150
Tabla 4.8 Costo total directo. 151
Tabla 4.9 Costo materiales indirectos. 151
Tabla 4.10 Costo de ingeniería. 152
Tabla 4.11 Costos imprevistos. 153
Tabla 4.12 Costo total indirecto. 153
Tabla 4.13 Costo total indirecto. 154

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo desarrollar una máquina que permita trasladar de manera vertical, rápida y segura los equipos del Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética hacia la terraza de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIM). El propósito es agilitar los procesos experimentales que se realizan, además de facilitar el traslado de los equipos cuando requieran ser removidos de la terraza.

Para la consecución de este proyecto se realizó una investigación de los elevadores y grúas que pueden servir para este propósito. Considerando que el elevador va a estar ubicado en la terraza de la FIM, debe ser removible y el costo sea reducido. Para esto se estableció las especificaciones técnicas, para luego plantear alternativas que cumplan con estos requisitos, seleccionar una de estas y dimensionar cada parte que la compone. El elevador consta de una columna la cual soporta toda la carga a través del brazo horizontal apoyado sobre está, además un polipasto eléctrico está montado sobre el apoyo del brazo que a su vez está unido mediante soldadura. La columna está soldada a una placa en su extremo inferior, en donde se perforaron cuatro agujeros para anclar el equipo en una losa dimensionada para este fin. Finalmente se hizo un análisis de los gastos en los que se incurre para lograr poner el elevador de carga en funcionamiento.

El elevador construido puede ser removido en caso de ser necesario, todas sus partes son recambiables en caso de falla por desgaste excesivo, la potencia del motor es de 2 hp, la velocidad de trabajo es de 20 cm/s, una capacidad máxima de 200 kg. Es necesario tener cuidado al subir y bajar objetos ya que no existe una guía para la canasta, por lo que se lo puede hacer con una cuerda manualmente.

PRESENTACIÓN

El siguiente proyecto aborda conceptos y definiciones que permitan obtener una máquina adecuada para la elevación de elementos del Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética, logrando un diseño adecuado para la instalación en la terraza de FIM, un mantenimiento de sus partes sencillo y que esté puede ser operado por los estudiantes si así lo requieran.

En el primer capítulo se indica la justificación, objetivos del proyecto y se describe los elevadores y grúas que sirven para elevar cargas, a la vez se detalla brevemente los elementos que conforman los equipos de elevación usados comúnmente.

En el segundo capítulo se analiza las especificaciones del elevador de carga generando tres alternativas de diseño en base a los parámetros obtenidos de las especificaciones descritos en el mismo capítulo. Se selecciona la mejor alternativa de acuerdo al método de promedios ponderados descrito en el libro de Diseño Concurrente de Carlos Riba. Se presenta también aquí el diagrama de cuerpo libre y se calcula la carga crítica para el diseño.

En el tercer capítulo se realiza el análisis estático - dinámico de cada una de partes que componen el elevador de carga, realizando el diagrama de cuerpo libre de cada una de ellas. Se selecciona también las partes normalizadas que no han de ser diseñadas. El anclaje del elevador de carga y la ubicación en la terraza de la FIM también es parte del desarrollo de este capítulo.

Con el dimensionamiento de cada una de las partes de la máquina se realiza los planos de taller que permiten construir el equipo. En el cuarto capítulo se describen el procedimiento de construcción y montaje para el correcto funcionamiento, así como también el protocolo de pruebas y la verificación de medidas. En este capítulo también se describe todo lo referente a costos directos e indirectos que involucran la construcción, funcionamiento y puesta en marcha del elevador y el quinto capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la consecución del proyecto realizado. La bibliografía consultada se presenta en el orden indicado.

LISTA DE SÍMBOLOS

n	Factor de seguridad
U	Carga última $[kgf]$
D	Carga muerta $[kgf]$
L	Carga vivas$[kgf]$; longitud del brazo; longitud de columna; longitud del cable.
L_r	Cargas vivas en techos $[kgf]$
S	Cargas de nieve$[kgf]$
R	Carga inicial de agua de lluvia o nieve $[kg]$
mg_1	Peso total aproximado de la máquina
mg_2	Peso de la canasta y de la carga
mg_3	Peso del motor y reductor
mg_4	Peso de la brazo
E	Módulo de elasticidad
I	Momento de inercia; momento de inercia de la sección, $[cm^4]$
M	Momento; momento flector
$\sigma_{máx}$	Esfuerzo máximo de flexión $\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$
$M_{máx}$	Momento flector máximo $[kgf - mm]$
W_{z-z}	Módulo de la sección $[mm^3]$
S_y	Esfuerzo de fluencia del material $\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$
θ_1	Ángulo entre soporte y brazo
R	Reacción (Fuerza)
V	Fuerza cortante
x	Longitud de tramo
mg_6	Representa el peso propio de la columna
D_e	Es el diámetro exterior, $[mm]$
D_i	Es el diámetro interior, $[mm]$
I_{yy}	Momento de inercia respecto al eje y, mm^4
I_{xx}	Momento de inercia respecto al eje x, mm^4
Z	Módulo de la sección respecto al eje y, $[mm^3]$
c	Distancia del eje y a la fibra más externa, $[mm]$; constante
e	Espesor del perfil circular $[mm]$

W_{z-z} Módulo resistente de la sección, $[cm^4]$

I Radio de giro de la sección, $[cm]$

A Área de la sección transversal del tubo, $[\ cm^2]$; de soldadura $[mm^2]$

P_{cr} Carga crítica de pandeo, $[kgf]$

P Peso del tubo por metro $\left[{}^{kgf}/_{m}\right]$; carga axial; del perno $[kgf]$; potencia.

r Radio de giro de la sección transversal del plano de flexión, $[m]$

${}^{L}/_{r}$ Representa la relación de esbeltez

σ_{cr} Esfuerzo crítico de pandeo

σ_x Esfuerzo de flexión

τ_{xy} Esfuerzo de torsión

d Diámetro del eje; diámetro nominal del perno

M Momento flexionante en la sección crítica

T Momento torsionante en la sección crítica.

$\tau_{máx}$ Esfuerzo de cortante máximo

S_{sy} Esfuerzo de fluencia a cortante

n_s Factor de seguridad a cortante

A_p Área de la sección transversal de la placa, mm^2

t Espesor de la placa, $[mm]$; tiempo

a Ancho de la placa, $[mm]$; constante; radio menor

d_1 Diámetro del agujero en la placa, $[mm]$

$\sigma_{1,2}$ Esfuerzos principales

σ' Esfuerzo de Von Mises, $[MPa]$

t_1 Espesor de la placa, $[mm]$

t_2 Espesor de la placa, $[mm]$

W Representa el peso de motor, el reductor y el cable recogido, $[kgf]$

W_1 Representa el peso de la placa, $[kgf]$

t_3 Espesor de la placa, $[mm]$

s_e Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

s_e' Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoria

k_a Factor de superficie

k_b Factor tamaño

k_c	Factor de confiabilidad
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor modificación por concentración de esfuerzo
k_f	Factor de efectos diversos
S_{ut}	Esfuerzo último a tensión
b	Constante; radio mayor
q	Sensibilidad en la ranura
v	Velocidad, $[m/s]$
Q	Carga no equilibrada
η	Rendimiento global
Q	Carga no equilibrada
Q_T	Peso total de la canasta más la carga
Q_b	Peso de la canasta
Q_c	Peso del contrapeso o peso que absorbe la estructura
Q_u	Carga útil (peso de la carga)
E	Módulo de elasticidad del cable, $[GPa]$
I	Momento de inercia de la sección del cable, $[mm^4]$
r	Radio de curvatura; radio del eje; radio de la columna
d_w	Diámetro del alambre, $[mm]$
D	Diámetro del cable, $[mm]$; Diámetro de la polea
C_o	Carga estática
m_1	Masa de la carga y de la canasta
a_1	Aceleración hasta que alcance la velocidad nominal, $\left[\frac{m}{s^2}\right]$
V_o	Velocidad inicial
V_f	Velocidad final
F_1	Fuerza inicial para el elevador
$D_{mínp}$	Diámetro mínimo de la polea, $[mm]$
F_b	Carga de flexión equivalente
E_r	Módulo de elasticidad del cable
A_m	Área de metal en cables estándar de izar y arrastre
n_f	Factor de seguridad por fatiga
F_f	Tensión permisible a la fatiga cuando el cable se flexiona
F_t	Tensión en el lugar donde le cable se flexiona

F_b	Carga de flexión equivalente
S_u	Resistencia última del alambre
W	Peso al final del cable (jaula y carga),[lbf]; Peso de la placa
m	Número de cables que soportan la carga
w	Peso al final del cable (jaula y carga), [lbf]
l	Longitud del cable, [pies]; de soldadura; de agarre del perno
a_1	Aceleración/ desaceleración máximas experimentadas, $\left[\frac{pies}{s^2}\right]$
g	Aceleración de la gravedad, $\left[\frac{pies}{s^2}\right]$
k	Coeficiente según la tabla
S	Tracción sobre un ramal del cable, [kgf]
n_e	Número de espiras en el tambor
s	Separación entre centros del cable, [mm]
r	Radio recomendado, [mm]
$\emptyset$	Ángulo de inclinación cable tambor
σ_t	Esfuerzo de tensión en el cilindro
σ_l	Esfuerzo de tensión longitudinal en el cilindro
σ_r	Esfuerzo radial
p_0	Presión en la garganta
σ_f	Esfuerzo de flexión
J	Momento polar de inercia,$[mm^4]$
r_t	Radio del tambor
σ_a	Amplitud de esfuerzo
σ_m	Esfuerzo medio
$M_{mín}$	Momento mínimo, $[kgf - mm]$
T_{torque}	Torque
F	Fuerza en la cuña, fuerza
h	Garganta de la soldadura
I_u	Momento de inercia unitario
W_1	Es el peso del tambor con el cable recogido y el trolley
k	Constante de rigidez del perno
k_b	Constante de rigidez a la tensión
k_m	Constante de las juntas empernadas

C	Constante de los módulos de rigidez
F_p	Es la carga de prueba
S_p	Es la resistencia de prueba
A_t	Área de rosca métricas
F_i	Precarga
F_y	Precarga
F_e	Carga axial equivalente
F_r	Carga radial aplicada
F_a	Carga de empuje aplicada
X	Factor radial
V	Factor de rotación
Y	Factor de empuje
C_o	Capacidad de carga estática
P_o	Carga estática equivalente
f_s	Factor de esfuerzos estáticos
L_i	Tramo genérico
A_i	Área de los momentos flectores isostáticos en los tramos L_i
a_i	Distancia de los centros de gravedad de los momentos flectores
α	Coeficiente dependiente de las cargas aplicadas; coeficiente de expansión térmica
R_{iso}	Cualquier fuerza aplicada a los diferentes tramos de la viga.
w_{perfil}	Peso del perfil
G	Módulo de rigidez a corte
e	Espesor del perfil circular $[mm]$
W	Módulo resistente de la sección, $[cm^4]$
I	Radio de giro de la sección, $[cm]$
A	Área de la sección transversal del tubo, $[cm^2]$
P	Peso del tubo por metro, $\left[{}^{kgf}/_{m}\right]$
h_{ef}	Profundidad embebida efectiva de un anclaje, $[mm]$

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

En este capítulo se presenta la justificación, objetivos y una breve descripción de elevadores y grúas que sirven para trasladar carga verticalmente, así como también los elementos que componen este tipo de máquinas. Además se presenta una base teórica de los tipos de anclajes y cimentaciones necesarias para anclaje de la máquina.

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

Algunos equipos del Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética de la Escuela Politécnica Nacional están ubicados en la terraza del edificio de la Facultad de Ingeniería Mecánica. El acceso a este laboratorio se realiza por una escalera ubicada en la actual biblioteca de la facultad en el tercer piso, el espacio para pasar por ahí es muy reducido.

En estas circunstancias, el transportar equipos y materiales al laboratorio es una tarea relativamente complicada. Esto se debe a que el peso y el tamaño de los elementos a transportar son significativos y no puede ser llevado a cabo con facilidad a través del acceso existente. Por estas razones, se ha determinado que es necesario construir un elevador de carga que facilite el llevar objetos desde el parqueadero del edificio de la FIM hasta la terraza del mismo.

La carga que debe soportar este elevador es de 200 kg y la altura a trasladar la carga es de 15 m. El presente proyecto de titulación pretende aportar a la satisfacción de esta necesidad.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto es:

Diseñar y construir un elevador de carga con capacidad de 200 kg y 20 m de elevación para el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética.

Los objetivos específicos son:

- Obtener en el diseño del elevador las características de portabilidad para diversos puntos de acceso.
- Presentar los respectivos planos de taller y de conjunto que faciliten la construcción del elevador de carga.
- Entregar un plan de mantenimiento para el elevador construido.
- Mostrar la simulación del elevador utilizando un programa de CAD determinado.

El alcance del proyecto:

- Se realizará un estudio previo de los diversos tipos de elevadores de carga que existen en el mercado.
- Se definirá los parámetros necesarios para el diseño y construcción.
- Se esbozarán alternativas de diseño del elevador de carga.
- Se analizará y seleccionará la alternativa que se ajuste a los requerimientos de carga y peso.
- Se construirá la alternativa que resulte más viable de acuerdo análisis.
- Se desarrollará un análisis económico determinando los costos de diseño y construcción.
- Se ejecutará el protocolo de pruebas del sistema.
- Se resolverá el problema de subir objetos de gran tamaño a la terraza de la facultad.

1.3. ELEVADORES DE CARGA [1]

Un elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes alturas. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad, como en los:

Elevadores eléctricos.- Este tipo de elevadores se caracteriza principalmente por la constitución de su sistema de tracción: un grupo motor, freno, reductor y polea de adherencia o tambor de arrollamiento, aunque éste último está en desuso. Este elevador incorpora el cuarto de máquinas en la parte superior del hueco, donde van ubicados los componentes principales del sistema de tracción ya denominados y un contrapeso que equilibra el peso de la cabina y una parte de la carga útil, que suele ser la mitad en la mayoría de los casos.

Elevadores oleodinámicos.- En los ascensores hidráulicos el accionamiento se logra mediante un motor eléctrico acoplado a una bomba, que impulsa aceite a presión por unas válvulas de maniobra y seguridad, desde un depósito a un cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja la cabina, para ascender. En el descenso se deja vaciar el pistón del aceite mediante una válvula con gran pérdida de carga para que se haga suavemente. De este modo el ascensor oleodinámico solamente consume energía en el ascenso. Por el contrario, la energía consumida en el ascensor es cuatro veces superior a la que consume el ascensor electro-mecánico, por lo que el resultado es que, por término medio, consumen más o menos el doble que éstos.

1.4. GRÚAS DE CARGA [2]

Una grúa es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho o de cualquier otro accesorio de aprehensión.
Se clasifican tomando en cuenta diferentes parámetros:

Por su forma:

- Grúas torre o de pescante
- Grúas de brazo móvil o articulada
- Grúas puente
- Grúas pórtico
- Grúas telescópicas

Por su utilidad

- Grúas portuarias (fijas y móviles)
- Grúas para la construcción (Industriales)

Por su trasporte

- Grúas con base fija
- Grúas con base móvil

1.4.1. GRÚAS TORRE O DE PESCANTE

1.4.1.1. GRÚA TORRE

La grúa torre es una grúa moderna de balance. Ésta queda unida al suelo (o a alguna estructura anexa). Debido al alcance y a la altura que pueden desarrollar se utilizan mucho en la construcción de estructuras altas. La viga horizontal de celosía se le llama pluma y el pilar vertical se llama torre. Al final de la torre está la corona donde gira la pluma. La pluma tiene unos contrapesos en un extremo para generar el balance y también va cargada en el cimiento para conseguir el momento de empotramiento necesario para funcionar. Para el correcto funcionamiento de la grúa deben existir controladores de pares de fuerza, de distancia para no someter a la grúa a mayores tensiones de la necesaria. Para el guiado de la grúa se pueden usar señalistas o comunicación por radio.

El control se puede realizar desde suelo o desde una cabina situada en la punta de la torre. El gruista debe ser una persona cualificada y responsable porque el mal uso de la grúa puede acarrear accidentes muy serios.

El montaje de la grúa suele hacerse con una grúa móvil. En la **figura 1.1** se muestra una grúa tipo torre.

Figura 1.1 Grúa torre

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_%28m%C3%A1quina%29

1.4.1.2. GRÚA AUTO-DESPLEGABLE

Son grúas capaces de desmontarse por sí mismas sin necesidad de requerir otra grúa para el montaje. Son rápidas y más caras que las grúas torre, además su alcance puede ser más limitado que éstas. En la **figura 1.2** se puede observar cómo se va desmontando la grúa.

Figura 1.2 Grúa auto desplegable.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_%28m%C3%A1quina%29

1.4.1.3. GRÚA TORRE TREPADORA [3]

Esta grúa se coloca sobre la estructura de alguna obra que está en construcción, su funcionamiento es fácil, ya que se desplaza de abajo hacia arriba por sus medios propios a medida y ritmo con que se trabaja en la construcción. La grúa tipo trepadoras se representa en la **figura 1.3**

Figura 1.3 Grúa torre trepadora.

Fuente: http://www.monografias.com/trabajos32/grua-torre/grua-torre.shtml

1.4.2. GRÚAS BRAZO MÓVIL O ARTICULADO [4]

Una grúa de brazo es un tipo de grúa cuando se fije un elemento horizontal (brazo o la pluma), el apoyo a un móvil grúa, a una pared o una columna montada en el suelo. Grúas de brazo se utilizan en instalaciones industriales y en los vehículos militares. El brazo puede oscilar en un arco, para dar movimiento lateral adicional, o ser fijo.

Para evitar que el mástil se caiga al lado del brazo se tiene unos contrapesos o tirantes. El movimiento de la grúa se obtiene girándola y levantando o bajando el brazo. La grúa de brazo articulado se la muestra en la **figura 1.4**

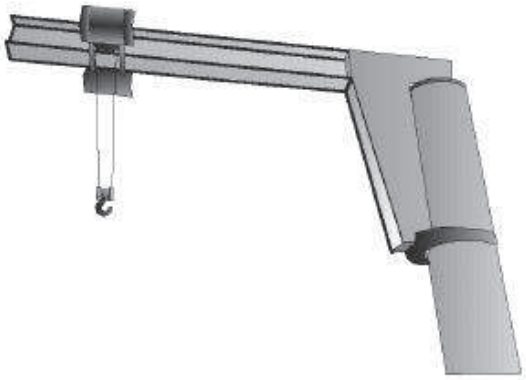
Figura 1.4 Grúa de brazo.

Fuente:
http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Crane_(machine)

1.4.2.1. GRÚA DE BRAZO GIRATORIO (O DE PALOMILLA) [5]

Grúa capaz de girar sobre una columna fijada por su base a la fundación, o fijada a una columna giratoria sobre un soporte empotrado. Este tipo de grúa se muestra en la **figura 1.5**

Figura 1.5 Grúa de brazo giratorio.

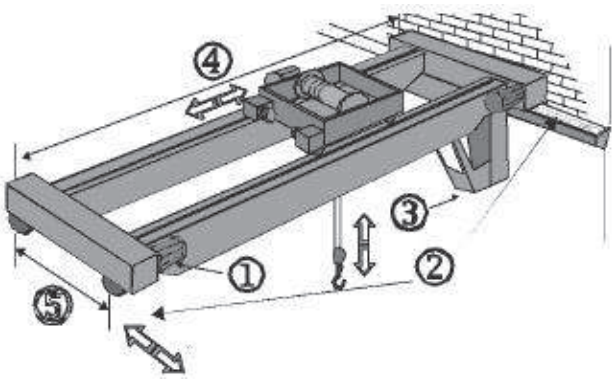


Fuente: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp_736.pdf

1.4.3. GRÚA PUENTE

Grúa que consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el carro con los mecanismos elevadores. En la **figura 1.6** se tiene la grúa tipo puente.

Figura 1.6 Grúa puente.

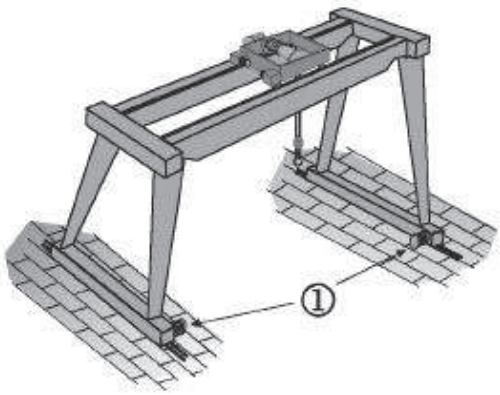


Fuente: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion

1.4.4. GRÚA PÓRTICO

Grúa cuyo elemento portador se apoya sobre un camino de rodadura por medio de patas de apoyo. Se diferencia de la grúa puente en que los raíles de desplazamiento están en un plano horizontal muy inferior al del carro (normalmente apoyados en el suelo). Ver la **figura 1.7** donde se muestra la grúa descrita.

Figura 1.7 Grúa pórtico.

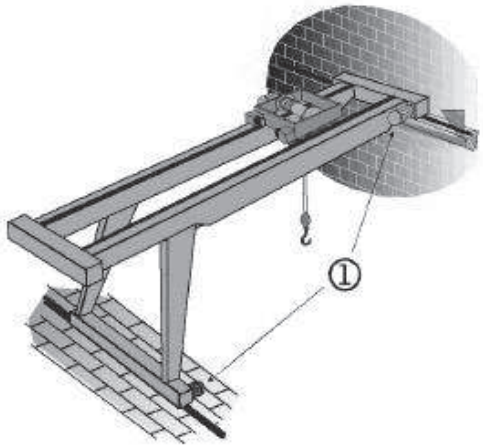


Fuente: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion

1.4.4.1. GRÚA SEMI-PÓRTICO

Grúa cuyo elemento portador se apoya sobre un camino de rodadura, directamente en un lado y por medio de patas de apoyo en el otro. Se diferencia de la grúa puente y de la grúa pórtico en que uno de los raíles de desplazamiento está aproximadamente en el mismo plano horizontal que el carro, y el otro raíl de desplazamiento está en otro plano horizontal muy inferior al del carro (normalmente apoyado en el suelo). En la **figura 1.8** se muestra la manera en que es colocada la grúa en la pared.

Figura 1.8 Grúa semi-pórtico.



Fuente: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion

1.4.5. GRÚA TELESCÓPICA [2]

Una grúa telescópica consiste muchos tubos que se encuentran uno dentro de otro. Un sistema hidráulico u otro mecanismo extienden o retrae el sistema hasta la longitud deseada. Estos tipos de sistemas son usados en operaciones de rescate, en sistemas en barcos. El sistema compacto hace que la grúa telescópica se adapte fácilmente a aplicaciones móviles. No todas las grúas telescópicas son fijas, también existen móviles. En la **figura 1.9** se puede ver cómo trabaja la grúa telescópica.

Figura 1.9 Grúa telescópica.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_%28m%C3%A1quina%29

1.4.6. GRÚAS PORTUARIAS [6]

Este tipo de grúa ha sido fabricada para la carga y descarga de naves marítimas en los terrenos portuarios. Debe ser usada para carga suelta, contenedores y trabajos de agarre, cuenta con una cabina elevada para posibilitar el contacto visual con la bodega.

Una de sus ventajas es que el brazo giratorio de la grúa va montado a una altura tal que el radio de trabajo va por encima de la carga de la nave. Se puede desplazar fácilmente y su uso no está limitado en un recorrido fijo, como es el caso de las grúas portuarias sobre carriles. El uso que tiene la grúa portuaria se puede observar en la **figura 1.10**

Figura 1.10 Grúa portuaria.

Fuente: http://www.puertomanzanillo.com.mx/php/esp/seccion-01.php?eCodSeccion=2110485

1.4.7. GRÚAS PARA LA CONSTRUCCIÓN [7]

La grúa de torre móvil ha sido fabricada para ser usada de forma rápida en el sector de la construcción. Este tipo de grúas pueden ser montadas y completamente preparadas para la elevación en el lugar de las obras dentro de diez minutos.

Esta grúa consta de una cabina elevada que permite al conductor un buen contacto visual con el trabajo. La grúa también consta de un cable relativamente fuerte, permite elevar por ejemplo 5 toneladas en un radio de 30 metros. Para llevar a cabo el mismo trabajo con una grúa hidráulica con brazo telescópico, esta debería ser de 80 toneladas.

1.4.8. GRÚAS CON BASE FIJA

Son las que poseen bases fijas en el terreno en el terreno en el que han de ser utilizadas es decir no pueden desplazarse. Uno de los ejemplos más comunes son las grúas utilizadas en los puertos marítimos. También son de base fija algunas grúas utilizadas en la construcción como las grúas de pescante las cuales se fijan con lastre o pesos en la parte inferior de la misma.

1.4.8.1. GRÚA MÉNSULA [4]

Grúa fijada a un muro, o susceptible de desplazarse a lo largo de un camino de rodadura aéreo fijado a un muro o a una estructura de obra. Se diferencia de la grúa puente en que los raíles de desplazamiento están en un mismo plano vertical. La grúa tipo ménsula se la observa en la siguiente **figura 1.11**

Figura 1.11 Grúa ménsula grúa (grúa fija).

Fuente: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion

1.4.9. GRÚAS CON BASE MÓVIL [8]

Son aquellas que se pueden desplazar, estas pueden poseer las bases móviles o pueden ser montadas sobres sus camiones para su desplazamiento, las más comunes son:

1.4.9.1. GRÚA MONTADA SOBRE UN CAMIÓN

Este tipo de grúa ha sido fabricada para circular por carreteras pavimentadas. En realidad la idea consiste en un camión sobre el cual se ha montado una grúa hidráulica. Las grúas de este tipo son muy comunes como se muestra en la siguiente **figura 1.12**

Figura 1.12 Grúa montada sobre camiones.

Fuente: www.ingenieroambiental.com/?pagina=3938

1.4.9.2. GRÚA INDUSTRIAL MÓVIL

Es una grúa compacta que puede ser fácilmente usada para trabajos industriales diferentes. Esta grúa se observa en la **figura 1.13**

Figura 1.13 Grúa industrial móvil.

Fuente: www.ingenieroambiental.com/?pagina=3938

1.4.9.3. GRÚAS SOBRE ORUGAS [9]

Es el tipo de grúa que es comúnmente usado en la construcción de edificaciones de gran altura. El cinturón de la oruga ofrece una gran base de apoyo, haciendo de esta una grúa aplicable a todo tipo terreno. La grúa sobre orugas posee movimiento mientras transporta la carga y es conveniente para excavación, nivelación en lugares de construcción. Como oruga de maquinaria esta necesita ser transportada por otros vehículos a su lugar de destino. Se las utiliza en accesos difíciles ver **figura 1.14**

Figura 1.14 Grúas sobre orugas.

Fuente: http://www.chn-truck.es/3-crawler-crane.html#

1.5. ESTRUCTURAS, MATERIALES PARA ELEVADORES

Los elevadores de carga se emplean para el trasporte vertical de carga entre plantas de edificaciones al propósito de bodegaje y despacho de la especie transportada. A continuación se describen las principales partes que conforman un elevador como marco teórico.

1.5.1. ESTRUCTURA Y MATERIALES [10]

Se llama estructura a todo sistema de miembros unidos entre sí y constituido para soportar con seguridad las cargas a él aplicadas. Las grúas están construidas utilizando principalmente perfiles normalizados de acero. Se utilizan los aceros normales de construcción tanto en pasadores empleados en las articulaciones de la grúa como las poleas. Los elementos que han necesitan de un tipo de acero especial son los ejes de los moto reductores y las ruedas dentadas.

1.5.1.1. ACERO

El acero es uno de los más importantes materiales estructurales. Entre sus propiedades de particular importancia en los usos estructurales, están la alta resistencia, comparada con cualquier otro material disponible, y la ductilidad. *Ductilidad* es la capacidad que tiene el material de deformarse sustancialmente ya sea a tensión o compresión antes de fallar. Otras ventajas importantes en el uso del acero son su amplia disponibilidad y durabilidad, particularmente con una modesta cantidad de protección contra el intemperismo.

El rango típico para todos los aceros (relativamente independiente de la resistencia de fluencia) es de 28 000 a 30 000 $\mathrm{klb/pulg}$- ó 193 000 a 207 000 MPa. El valor de diseño se toma por lo general como 29 000 $\mathrm{klb/pulg}$- ó 200 000 MPa. El módulo de cortante de cualquier material elástico se calcula como

$$\mathrm{G} = \frac{\mathrm{E}}{2(1+\mu)} \qquad \text{Ec. (1.1)}$$

Donde μ = coeficiente de Poisson que se toma como 0.3 para el acero. Usando μ = 0.3 se obtiene un valor de G = 11 000 $\mathrm{klb/pulg}$ ó 77000 MPa.

El coeficiente de expansión térmica puede tomarse como $\alpha = 11.25 \text{ x} 10^{-6}$ por °.En la tabla 1.1 se dan algunas propiedades del acero que interesan para el ingeniero estructural.

Tabla 1.1 Puntos de fluencia varios grados de acero estructural.

Tipo	Denominación de la ASTM		F_y kip/pulg^2	F_y MPa	F_u mín. kip/pulg^2	F_u mín. MPa	Espesor de placas y barras pulg	mm	Grupo'
Carbono	A-36		36	250	58-80	400-550	8	203	1 hasta 5 inclusive
Alta resistencia, aleación baja[b]	A-242		40	275	60	415	4 a 8	102 a 203	
	A-440		42	290	63	435	1.5 a 4	38 a 102	4 y 5
	A-441		46	315	67	460	0.75 a 1.5	19 a 38	3
			50	345	70	485	0.75	19	1 Y 2
Alta resistencia, aleación baja Columbio-vanadio	A-572	grado 42	42	290	60	415	hasta 6	hasta 152.4	1 hasta 5 inclusive
		grado 45	45	310	60	415	hasta 2	hasta 50.8	1 hasta 5 inclusive
		grado 50	50	345	65	450	hasta 2	hasta 50.8	1 hasta 4 inclusive
		grado 55	55	380	70	485	hasta 1.5	hasta 38.1	1, 2, 3, y 4 hasta 426 lb/pie (639 kg/m)
		grado 60	60	415	75	520	hasta 1.25	hasta 31.8	1 Y 2
		grado 65	65	450	80	550	hasta 1.25	hasta 31.8	1
Alta resistencia, baja aleación	A-588	grado 42	42	290	63	435	5 a 8	127 a 203	-
		grado 46	46	315	67	460	4 a 5	102 a 127	-
		grado 50	50	345	70	485	hasta 4	hasta 102	1 hasta 5 inclusive

'Véanse las tablas de datos de las secciones de acero (por ejemplo, tabla 1-1 ó V-1 del *Structural Steel Design Data* de L.E. Bowles).

bPuede que sea difícil obtener el acero A-440, porque no es soldable,

Fuente: BOWLES, Joseph E.; Diseño Estructural; Editorial Allimusa S.A.; cuarta edición; cap. I; pág. 20

1.5.2. DISEÑO DE GANCHOS [11]

Los ganchos se utilizan en sistemas de elevación como una conexión entre la carga y el cable o cadena. Hay diferentes tipos de ganchos con sus diseños específicos para cada operación que hay que realizar. Los ganchos normales y ganchos giratorios son para cables o cadena. Los ganchos para tubos son para manejar tuberías con facilidad. La mayoría de los ganchos vienen suministrados con lengüeta de seguridad, todos los tipos de ganchos llevan los siguientes marcajes:

- Carga máxima de trabajo
- Símbolo del fabricante
- Grado de acero

En la **figura 1.15** se puede observar un gancho tipo que se usa a final del cable para enganchar la canasta

Figura 1.15 Gancho con seguro.

Fuente: www.vanbeest.nl/public/files/catalogue/.../CapEDtulo09_Ganchos.pd...

1.5.3. CABLES [12]

Un cable metálico es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir los esfuerzos de tensión, los componentes del cable son:

Los alambres son generalmente de acero trefilado al horno, con carga de rotura a la tracción entre 1200 y 1800 MPa. Las almas son núcleos entorno de los cuales se enrollan los alambres y los cordones. Suelen ser metálicas, textiles (cáñamo, algodón) o incluso amianto.

Los cordones son las estructuras más simples que podemos construir con alambres y almas: se forman trenzando los alambres, bien sobre un alma o incluso sin alma mientras que los cabos son agrupaciones de varios cordones en torno a un alma secundaria utilizados para formar otras estructuras. Con los alambres, almas, cordones y cabos se constituyen los cables.

1.5.4. POLEAS [13]

Una polea, es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el curso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos. Además, formando conjuntos-aparejos o polipastos sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso.

1.5.4.1. TIPOS DE POLEAS

1.5.4.1.1. POLEAS SIMPLES

La polea simple se emplea para elevar pesos, consta de una sola rueda con la que hacemos pasar una cuerda. Se emplea para cambiar el sentido de la fuerza haciendo más cómodo el levantamiento de la carga, entre otros motivos, porque nos ayudamos del peso del cuerpo para efectuar el esfuerzo, la fuerza que tenemos que hacer es la misma al peso a la que tenemos que levantar.

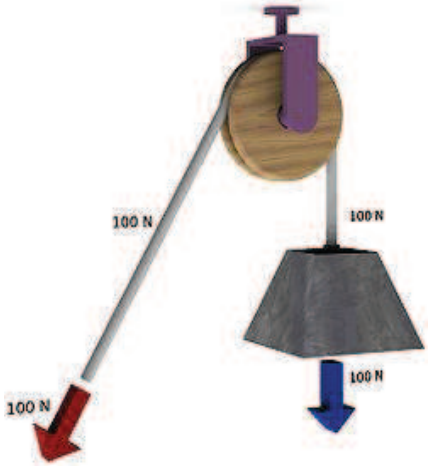
$$F = R \qquad \text{Ec. (1.2)}$$

Hay algunas clases de polea:

1.5.4.1.2. POLEA SIMPLE FIJA

La manera más sencilla de utilizar una polea es colgar un peso en un extremo de la cuerda, y tirar del otro extremo para levantar el peso. Una polea simple fija no produce una ventaja mecánica: la fuerza que debe aplicarse es la misma que se habría requerido para levantar el objeto sin la polea. La polea, sin embargo, permite aplicar la fuerza en una dirección más conveniente. El funcionamiento de una polea simple se muestra en la **figura 1.16**

Figura 1.16 Polea fija.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Polea

1.5.4.1.3. POLEA SIMPLE MÓVIL

Una forma alternativa de utilizar la polea es fijarla a la carga un extremo de la cuerda al soporte, y tirar del otro extremo para levantar a la polea y la carga.
La polea simple móvil produce una ventaja mecánica: la fuerza necesaria para levantar la carga es justamente la mitad de la fuerza que habría sido requerida para levantar la carga sin la polea. Por el contrario, la longitud de la cuerda de la que debe tirarse es el doble de la distancia que se desea hacer subir a la carga. En la **figura 1.17** se muestra una polea simple en diagrama de cuerpo libre.

Figura 1.17 Polea simple móvil.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Polea

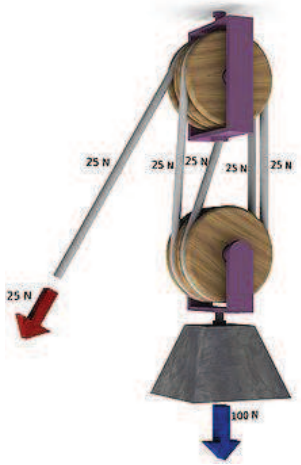
1.5.4.1.4. POLEAS COMPUESTAS

Existen sistemas con múltiples de poleas que pretenden obtener una gran ventaja mecánica, es decir, elevar grandes pesos con un bajo esfuerzo. Estos sistemas de poleas son diversos, aunque tienen algo en común, en cualquier caso se agrupan en grupos de poleas fijas y móviles: destacan los polipastos:

1.5.4.1.5. POLIPASTOS O APAREJOS

El polipasto (del latín polyspasto), es la configuración más común de polea compuesta. En un polipasto, las poleas se distribuyen en dos grupos, uno fijo y uno móvil. En cada grupo se instala un número arbitrario de poleas. La carga se une al grupo móvil. En la **figura 1.18** se indica cómo funciona una polea compuesta al subir carga.

Figura 1.18 Polipastos.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Polea

1.5.5. MOTORES

Un motor es una máquina, que produce energía mecánica, es decir movimiento con fuerza, de energía eléctrica, química u otra. Motores de combustión transforman la energía química, contenida en el combustible, en energía mecánica para el movimiento del vehículo. En esto el combustible está quemado y tiene que ser rellenado. Se puede pronosticar, que los motores de combustión de gasolina y diésel, hoy día predominantemente utilizados, van a

ser expulsados más y más por otros motores, por ejemplo de motores eléctricos o de hidrógeno, por la disminución del petróleo.

1.5.5.1. MOTORES ELÉCTRICOS [14]

Son máquinas eléctricas que transforman energía eléctrica en energía mecánica. Atendiendo el tipo de corriente utilizada se clasifican en:

- **Motores de corriente continúa**
  - De excitación independiente
  - De excitación serie
  - De excitación (shunt) o derivación
  - De excitación compuesta (compount)

- **Motores de corriente alterna**
  - Motores sincrónicos
  - Motores asincrónicos
    - Motores monofásicos
      - De bobinado auxiliar
      - De espira en cortocircuito
      - Universal
    - Motores trifásicos
      - De rotor bobinado
      - De rotor en corto circuito (motor jaula de ardilla)

1.5.5.2. MOTORES TÉRMICOS [15]

Las máquinas o motores térmicos son dispositivos que funcionando periódicamente transforman calor (energía térmica) en trabajo (energía mecánica). El calor necesario para el funcionamiento de una máquina térmica procede, en la mayor parte de los casos, de la energía química liberada en una combustión (aunque también puede ser de origen nuclear, solar, etc.), siendo absorbido por un fluido motor que, al describir un ciclo, pone en movimiento una serie de piezas mecánicas.

- Si la combustión tiene lugar fuera del motor, las máquinas térmicas se denominan **de combustión externa** (ejemplo: máquina de vapor);
- Si se realiza en el interior de la propia máquina, **de combustión interna** (ejemplo: motor de explosión).

En cada uno de los casos el movimiento producido puede ser **alternativo** (máquinas de vapor, motores de explosión, motores de combustión) o **rotativo** (turbinas de vapor, turbinas de explosión, turbinas de combustión).

1.6. PARÁMETROS DE DISEÑO DE ELEVADORES

Los parámetros de diseño de elevadores se presentan a continuación:

Potencia elevadora.- Se entiende por potencia al trabajo desarrollado en la unidad de tiempo. Esto es, si se quiere elevar un peso de valor *Q* una altura *H* en un tiempo *t*, se deberá desarrollar la potencia elevadora $\mathrm{Q\,x\,H\,/\,t}$ o lo que es igual.

$$\mathrm{P = Q\,x\,V} \qquad \text{Ec. (1.3)}$$

Donde *V* es la velocidad a que se efectúa dicha elevación.

Se denomina como Potencia elevadora al valor total de la carga a elevar, multiplicada por la velocidad promedio a que se efectúa la elevación. Las unidades SI son expresadas en Kilovatios [KW], correspondientes al valor de elevar el peso de 1000 newton a la velocidad de un metro por segundo, mientras que el Caballo de Fuerza [hp], es, por definición, la potencia desarrollada en elevar el peso de 550 libras a la altura de un pié, en el tiempo de un segundo.

$$(1\ \mathrm{hp} = 550\ \mathrm{lb.ft/s})$$

La equivalencia entre vatios y caballos de fuerza está dada por la siguiente relación:

$$1\mathrm{kW} = 1.34\ \mathrm{Hp}$$

Carga muerta [16].- La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo su estructura, los muros, los pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no

son causadas por la ocupación y uso de la edificación. Las fuerzas netas de pre-esfuerzos deben incluirse dentro de la carga muerta.

Sobrecarga.- Las sobrecargas pueden clasificarse en cargas móviles y cargas en movimiento:

Móviles son aquellas que pueden ser transportados de un lugar a otro de la estructura por ejemplo personas, muebles en un piso de un edificio.

En movimiento son aquellas que se mueve constantemente en una estructura tales como trenes, camiones sobre un puente.

Cargas de impacto.- Los efectos del impacto generalmente se asocian con cargas móviles. En el diseño estructural la carga de impacto se considera como un incremento de la sobrecarga, si esta se ha tomado como una carga estática aplicada gradualmente.

Cargas laterales [17].- Son de dos tipos de viento y sismo. En los últimos años se ha llevado a cabo una gran cantidad de investigaciones respecto a las cargas de viento. Sin embargo todavía se requiere efectuar mucho trabajo ya que la estimación de esas fuerzas de ninguna manera se puede clasificar como ciencia exacta. La magnitud de las cargas de viento varían con la localidad geográfica, las alturas sobre el nivel de terreno, los tipos de terreno que rodean a los edificios incluyendo otras estructuras. Muchas áreas del mundo caen en territorio sísmico y en esas áreas es necesario considera fuerzas sísmicas en el diseño de todo tipo de estructuras.

1.7. ANCLAJES [18]

Los anclajes constituyen en la actualidad un medio esencial para garantizar la estabilidad de diversas estructuras. Pueden usarse en forma muy ventajosa en cualquier situación en que le se necesite su ayuda de la masa de suelo para soportar un determinado estado de esfuerzos o tensiones.

1.7.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE ANCLAJES

El criterio actual de diseño puede ser clasificado en dos grandes grupos, el primero se basa en la teoría de la elasticidad, la cual presenta limitaciones cuando se trata de masas rocosas heterogéneas.

El segundo criterio involucra la selección de parámetros mediante reglas empíricas. La brecha entre los dos métodos es todavía muy real y las razones son que al diseñar un sistema de anclajes el proceso es muy complejo y requiere un conocimiento detallado de la geología del sitio, de las propiedades de las rocas, de las condiciones hidráulicas del suelo, conjuntamente con el estado de las presiones originadas por el flujo de agua a través de la masa de subsuelo. Y adicionalmente es importante conocer la magnitud y dirección de los esfuerzos antes y después de la excavación. Paralelamente, al diseñar y ejecutar el sostenimiento mediante tirantes anclados se requiere estudiar detalle los conceptos principales de diseño en relación a los cuatros modos de ruptura:

- Ruptura de la masa rocosa o de suelo.
- Ruptura en la interface acero-lechada de cemento.
- Ruptura en el contacto roca/suelo-lechada de cemento.
- Ruptura de la barra o guayas de acero.

Por lo tanto, al establecer un factor de seguridad el anclaje como elemento estabilizador, cada uno de los modos de falla antes mencionados deben ser considerados. Por otra parte, la función principal del anclaje es reforzar y sostener suelos y masas rocosas parcialmente sueltas, fracturadas o incompetentes que de otra manera pueden estar sujetas a fallar.

Estas masas inestables pueden estabilizarse por medio de anclajes, al generarse un incremento de las tensiones normales o sobre la existente potencial superficie de rotura, lográndose por lo tanto un aumento en la resistencia al esfuerzo cortante de dicha superficie.

Los anclajes introducen tensiones y deformaciones adicionales en la masa de suelos mejorando la estabilidad general, y en donde el tipo de anclajes, el método de instalación, conjuntamente con los aspectos geológicos mas resaltantes juegan un papel preponderante en el diseño del soporte.

El área principal de aplicación del anclaje es estabilizar la masa rocosa o de suelo que no está en equilibrio consigo misma mediante la transmisión de fuerzas externas a la profundidad diseñada, estos se clasifican:

1.7.2. SEGÚN SUS APLICACIONES EN FUNCIÓN DE SUS SERVICIOS

Anclajes provisionales.- Tienen carácter de medio auxiliar y proporcionan las condiciones de estabilidad a la estructura durante el tiempo necesario para disponer otros elementos resistentes que lo sustituyan.

Anclajes permanentes.- Se instalan con carácter de acción definitiva. Se dimensionan con mayores coeficientes de seguridad y han de estar proyectados y ejecutados para hacer frente a los efectos de la corrosión.

1.7.3. SEGÚN LA FORMA DE TRABAJAR

Anclajes pasivos.- No se pretensa la armadura después de su instalación. El anclaje entra en tracción al empezar a producirse la deformación de la masa de suelo o roca.

Anclajes activos.- Una vez instalado se pretensa la armadura hasta alcanzar su carga admisible, comprimiendo el terreno comprendido entre la zona de anclaje y la placa de apoyo de la cabeza.

Anclajes mixtos.- La estructura metálica se pretensa con una carga menor a la admisible, quedando una fracción de su capacidad resistente se reserva para hacer frente a posibles movimientos aleatorios del terreno.

Anclajes inyectados.- Estos tipos de anclajes son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados, cementadas mediante inyecciones de la lechada de cemento o mortero. El elemento estructural es sometido a tracción, generando un esfuerzo de anclaje el cual es soportado por la resistencia al corte lateral en la zona de inyección en contacto de terreno.

1.7.3.1. APLICACIONES DE LOS ANCLAJES

El sistema de anclas es utilizado fundamentalmente para trabajos de estabilización de estructuras en obras civiles. Presas, puentes, canales (vertedores), taludes en tajos, túneles cimentación de torres de electricidad entre otros.

Anclas Activas recomendadas para la fijación de estructuras al terreno.

Anclas Pasivas usadas en obras de contención y estabilización de túneles y laderas.

Mini pilas o micro pilotes empleadas en lugar de pilas coladas en el lugar, para transmitir al terreno-cargas de una estructura tanto de tensión como de compresión y también para aplicación en terrenos de los cuales se desea mejorar su capacidad de carga mediante inyección a presión de lechada de cemento, resinas u otros fluidos.

1.7.4. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

La vida útil de un anclaje está condicionada a los efectos de la corrosión. Un anclaje carente de este tipo de protección puede tener una duración de pocos meses. Los principales factores que ayudan a contribuir con el proceso de corrosión, son los siguientes:

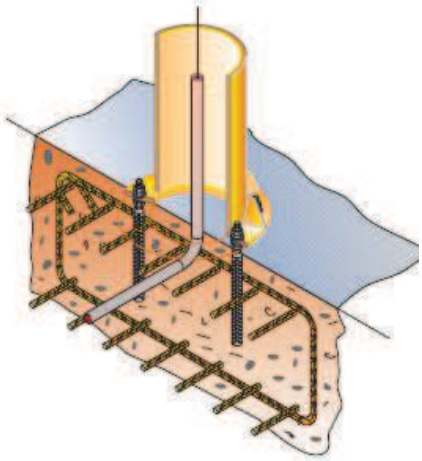
- Resistividad del suelo, la cual decrece a medida que la porosidad aumenta.
- Factores microbiológicos.
- Contenido de humedad (w): un incremento en esta genera un ambiente propicio para la corrosión bacteriana
- Contenido de sales en el suelo.
- Valor del pH: pH < 4, corresponde a suelos altamente ácidos, generando picaduras en el metal.
- Contenido orgánico y transferencia de oxigeno: suelos orgánicos producen ácidos orgánicos los cuales atacan a metales enterrados; El flujo de aire o de oxígeno a través del suelo, retrasa la corrosión microbiológica, pero aumenta la corrosión electroquímica.

1.7.5. CIMENTACIÓN

Se tiene los siguientes tipos de cimentación:

Cimentación con tornillos de anclaje [19]**.-** La forma más usual de fijación de las grúas pluma de columna es mediante varillas de anclaje. Estas varillas se empotran en una cimentación de hormigón. En la figura **1.19** se muestra los pernos de anclaje embebidos dentro del concreto.

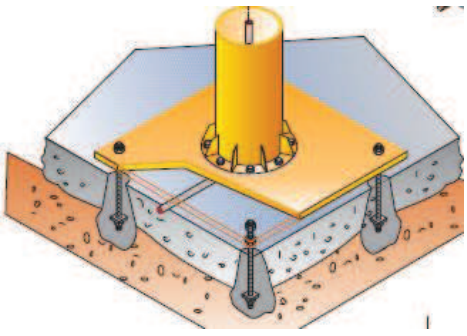
Figura 1.19 Cimentación con tornillos de anclaje.



Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

Placa intermedia sobre una cimentación de hormigón.- Mediante una placa intermedia cuadrada se puede realizar la fijación sobre una cimentación de hormigón existente y adecuado. Una vez perforado y rebajado el suelo se insertan los anclajes y se vierte hormigón. En la **figura 1.20** se indica cómo van sujetos los pernos de anclaje a la placa.

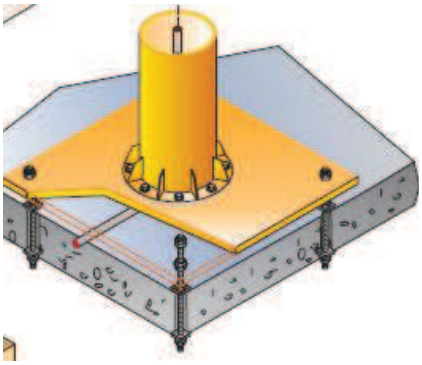
Figura 1.20 Anclaje con placa intermedia.



Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

Placa intermedia sobre forjado de hormigón.- Como alternativa, se puede montar la placa intermedia sobre un forjado de hormigón adecuado con anclajes que lo atraviesan. Se muestran como atraviesan los pernos el concreto en la **figura 1.21**

Figura 1.21 Anclaje con placa intermedia sobre hormigón forjado.



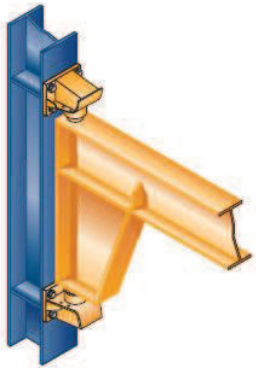
Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

1.7.6. FLEXIBILIDAD ADAPTADA

Las formas de fijación adaptada son las siguientes:

A columnas empotradas de acero con consolas/soportes de pared.- La forma más sencilla de fijación de las grúas pluma de pared es atornillándolas a columnas de acero existentes en la pared. Para ello, estas columnas deben tener un dimensionado estático adecuado (y en caso necesario se reforzarán), así como una superficie de contacto lo suficientemente ancha. En la **figura 1.22** se indica cómo se ancla a un soporte vertical.

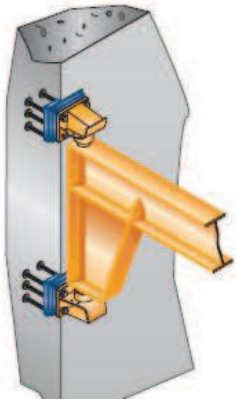
Figura 1.22 Fijación a columnas empotradas.



Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

A columnas de hormigón armado mediante consolas de abrazadera.- Las grúas pluma murales pueden fijarse también a columnas adecuadas, cuadradas o rectangulares, con las caras vistas, mediante la colocación de consolas abrazadera. Mediante varillas roscadas se logra la tensión necesaria para mantener la grúa con seguridad fija en la columna y a la altura deseada. La columna, no obstante, debe ofrecer el ancho mínimo necesario. En la **figura 1.23** se muestra cómo actúa la abrazadera en columnas de hormigón.

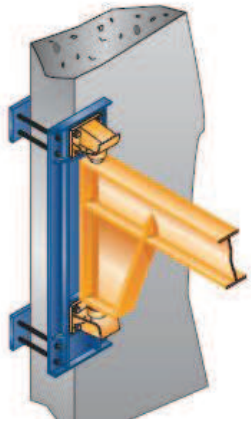
Figura 1.23 Fijación a columnas de hormigón armado.



Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

A paredes o columnas de hormigón armado con planchas de soldadura.- Las paredes o las columnas de hormigón se pueden preparar para la fijación de grúas pluma murales con planchas de soldadura mediante la fijación en el hormigón de planchas de empotrado con anclaje posterior como subestructura. En la construcción hay que tener en cuenta que las planchas de empotrado deben estar exactamente al mismo nivel, ofreciendo superficies de conexión adecuadas para la soldadura. Las planchas de soldadura se sueldan a la subestructura. Las consolas murales o las sujeciones de giro de la grúa se atornillan entonces a las planchas soldadas. En la **figura 1.24** se muestra como están soldadas a las planchas y estas a su vez sujetas a pared de hormigón.

Figura 1.24 Fijación a paredes o columnas de hormigón armado.



Fuente: http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html

CAPÍTULO 2

PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO

La medida que se requiere y el espacio que ocupará el elevador o grúa de carga que se vaya a construir son de vital importancia para el diseño, es por esto que se ha tomado todas las medidas del lugar en el que se ubicará el elevador de carga. Además se ve como nivelar el piso para ubicar de manera adecuada el elevador y cuál será la mejor disposición en la terraza.

Se establecen los parámetros de diseño para con esto realizar la especificaciones, también se realiza un estudio de las alternativas que satisfagan los parámetros de diseño. Para seleccionar la diferentes alternativas se utiliza método de promedios ponderados propuesto por Carlos Riba en su libro de diseño concurrente; luego se hace el diagrama de cuerpo libre de la máquina y se calcula la carga crítica usando el método de Método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD)

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Laboratorio de Energías Alternativas se encuentra actualmente mejorando su cabida, adquiriendo y construyendo equipos con la participación de los estudiantes de la facultad, para trasladar estos equipos hacia el lugar donde se realizan las prácticas resulta dificultoso, ya que no se tiene un acceso adecuado hacia la terraza. En este proyecto se realiza un diseño de una máquina que permita trasladar los equipos del laboratorio hacia la terraza de la facultad, disminuyendo el esfuerzo físico.

La máquina debe ser capaz de instalarse en la terraza del edifico, elevar una carga de 200 kg, ser desarmable para guardarla en caso de ser necesario y ser accesible económicamente.

2.2. PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.2.1. PARÁMETROS

Los parámetros de diseño que se tiene para este elevador están basados en los materiales que se va a trasladar, es así que se tiene: tanques, colectores solares, generadores, materiales y equipo de laboratorio.

Las medidas aproximadas son de 1,1 x 1,95 [m] para el colector; 1,3 x 1,8 [m] para el tanque; 1,2 ϕ x 1,45 [m] para el tanque hidráulico de cada colector. En la siguiente **figura 2.1** se muestran algunos de los equipos en la terraza de la FIM.

Figura 2.1 Materiales ubicados en la terraza.

Fuente: Propia

También se tiene que considerar la altura del bordillo de la terraza del edificio, la cual es de 1 m a partir del nivel de la terraza, además se ve la posibilidad de anclaje en la terraza considerando el tipo de piso que en este caso es una losa de cubierta no apta para soportar carga. El estado en que se encuentra la terraza en el lugar en donde se instalará el elevador se muestra en la **figura 2.2**

Figura 2.2 Terraza y bordillo.

Fuente: Propia

2.3. ESPECIFICACIONES [20]

En base a los requerimientos del laboratorio, los parámetros y las observaciones realizadas al edifico de la FIM se tienen las siguientes especificaciones que se muestran en la **tabla 2.1**

Tabla 2.1 Documento de especificación del elevador de cargas.

LISTA DE REFERENCIA DE ESPECIFICACIONES	
Conceptos	**Determinaciones**
Función	Sistema para la elevación de carga de 200 kg. Sistema adecuado para elevar equipos de Laboratorio Sistema adecuado para elevar 20 m. Facilidad en el anclaje. Facilidad de maniobrabilidad y uso. Facilidad en el montaje y desmontaje

Dimensión	Equipos de hasta 1 m^3, cualquier forma Longitud de la flecha 2,70 a 3,05 m Altura del soporte de flecha 2,0m
Materiales	Acero estructural A-36 Cables de acero resistentes a tracción 3000 N
Energía	Fuente de corriente alterna de 240 V Combustible: Gasolina
Movimientos	Elevación vertical de cargas La flecha o brazo del elevador girará 180° horizontalmente Cambio de ángulo de posición del brazo 0° hasta 180°
Fuerzas	Tensión máxima 2000 N
Costos y plazos	Costo inferior a $ 1500

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Lista de Referencia de Especificaciones se desarrolla el documento de especificación para la máquina mostrado en la **tabla 2.2**

Tabla 2.2 Referencia de especificaciones.

Institución: **E.P.N**	**Producto:** Elevador de 200 kg para el laboratorio de Energías Alternativas		**Fecha inicial:**26/04/12 **Última revisión:**31/04/12	
				Página 1-1
ESPECIFICACIONES				
Concepto	**Fecha**	**Propone**	**R/D**	**Descripción**

Función	18/04/12	C	R	Sistema para elevación de cargas hasta 2000N
	18/04/12	C	R	Sistema adecuado para giro a 180°
	23/09/04	I	R	Sistema adecuado para enganche
	23/04/12	I	R	Sistema adecuado para el aumento de cable.
	23/04/12	C	D	Facilidad en el anclaje.
	23/04/12	C	D	Facilidad de uso.
	23/04/12	C	D	Funciones semiautomática
Dimensión	24/04/12	C	R	Equipos de hasta 1 m^3
	25/04/12	I	R	Longitud de brazo mín. 2,70 y máx. 3,05m
	26/04/12	I	R	Altura del soporte de flecha 2,00m
	26/04/12	I	R	Altura del edificio FIM 15 m
Materiales	18/04/12	I	R	Acero estructural A36
	18/04/12	I	R	Cables de acero resistentes a tracción
	18/04/12	I	R	Planchas de acero A-36
	18/04/12	I	R	Electrodos E6011
Energía	23/04/12	I	R	Motor-reductor AC ,240V, 60Hz, 2 hp, bifásico
	23/04/12	C	D	Motor reductor eléctrico, 2 hp
Movimiento	24/04/12	I	R	Elevación vertical de cargas
	18/04/12	C+I	D	La flecha o brazo de la grúa girará 180°
Fuerzas	23/04/12	I	R	Tensión en el cable sin carga 290 N
	23/04/12	I	R	Tensión máxima en el cable con carga 2000N

Costos y plazos	18/04/12	C	R	Costo inferior a $1500
Aspectos Legales	18/04/12	C	R	UNE 58. 102-74 para estructuras

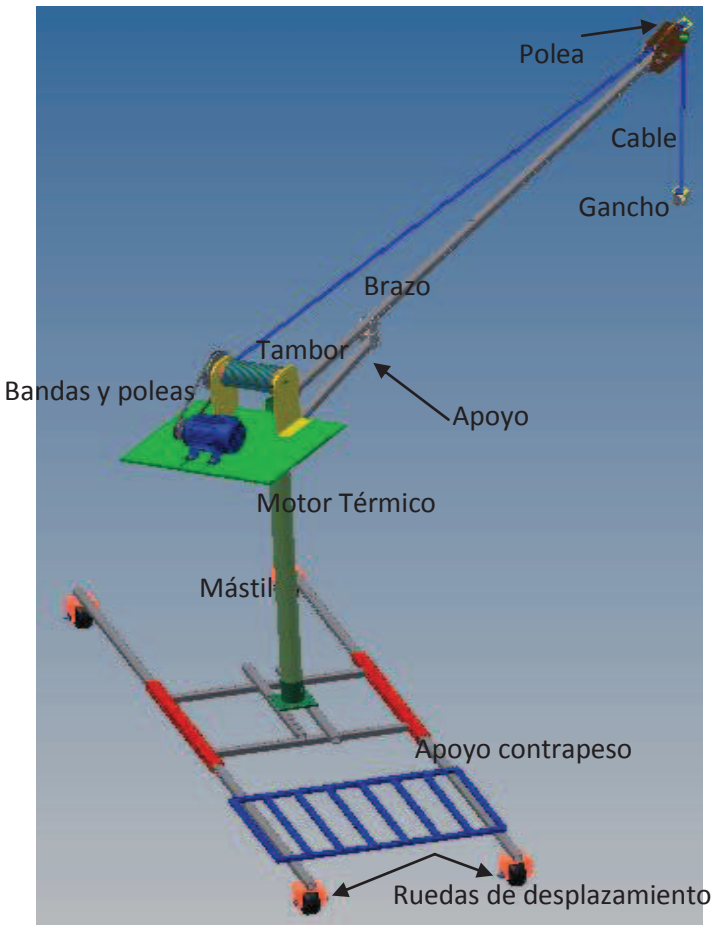
Propone: C=Cliente, I= Ingeniería **R/D:** R=Requerimientos, D= Deseo.

Fuente: Elaboración propia

2.4. ALTERNATIVA I

La primera alternativa de diseño que se tiene es un elevador de pluma. Las partes de esta alternativa de diseños son mostradas en la **figura 2.3**

Figura 2.3 Elevador de pluma usado en construcción.



En este tipo de máquina el motor que se usa comúnmente es el motor térmico de dos tiempos. Este es encargado de transformar la energía del combustible en energía mecánica la cual es transmitida por el eje hacia las poleas y mediante la banda al tambor consiguiendo la velocidad adecuada de subida, a su vez este puede rotar angularmente los 360° este movimiento lo realiza manualmente el operario. Mediante una palanca controla el movimiento de subida y bajada de la carga.

Las ventajas son:

- Este tipo de máquina es relativamente liviana
- Todas sus partes son desarmables
- Facilidad de maniobrar
- Piezas de fácil adquisición y manufactura

Las desventajas son:

- Preparación previa del anclaje en el sitio de ubicación
- Los costos son elevados
- Existe problemas con la vibración
- Necesita uso de contrapeso

En las **figuras 2.4, 2.5 y 2.6** se muestran movimientos de rotación, traslación del elevador

Figura 2.4 Movimientos de que realiza la máquina.

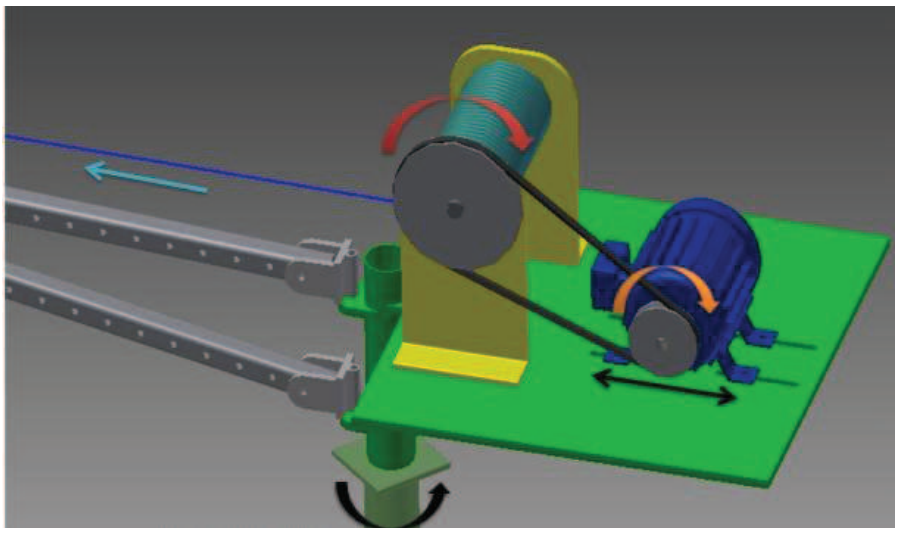


Figura 2.5 Movimiento de sus partes.

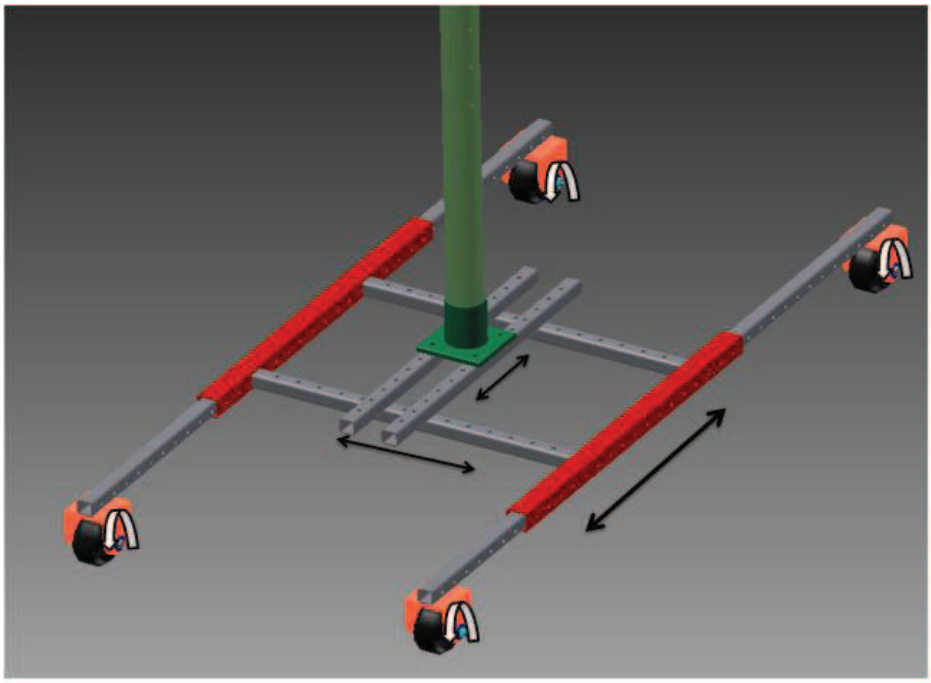
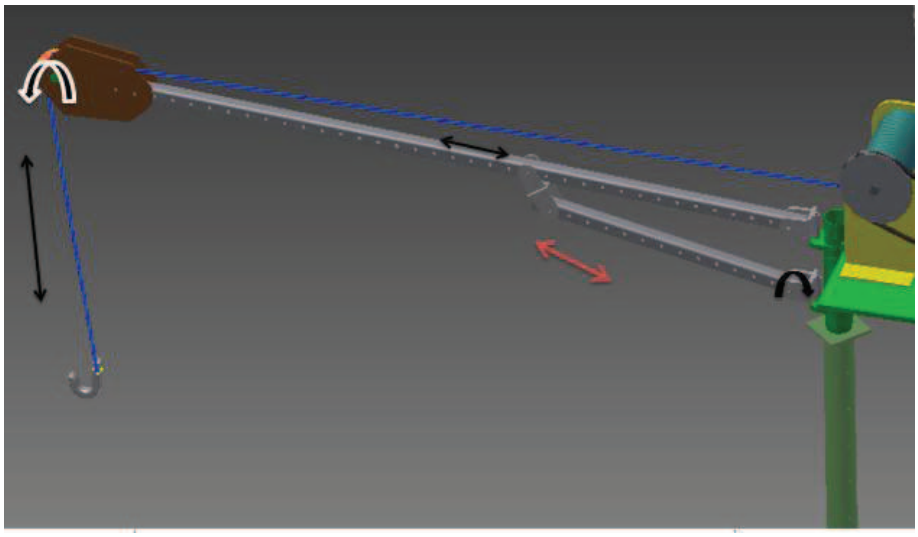


Figura 2.6 Movimientos de la pluma y del cable.



En la **figura 2.7 y 2.8** se indican la ubicación del elevador en la terraza de la FIM

Figura 2.7 Elevador ubicado en el edificio FIM.

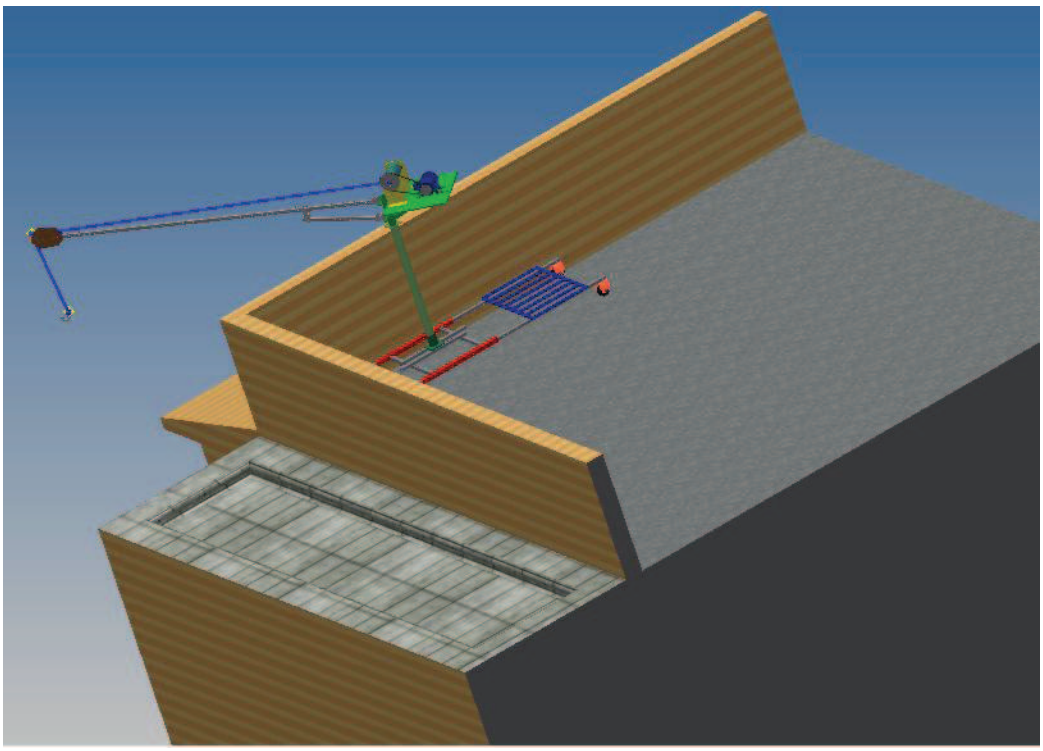
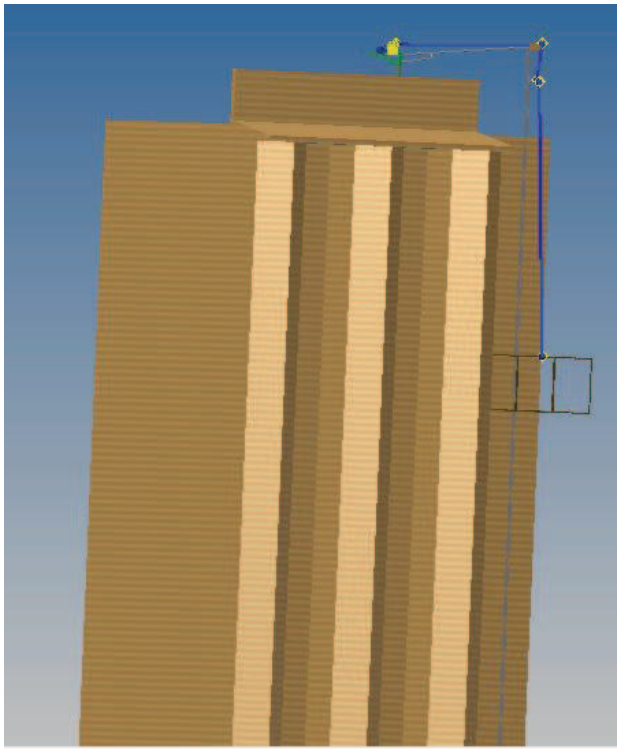
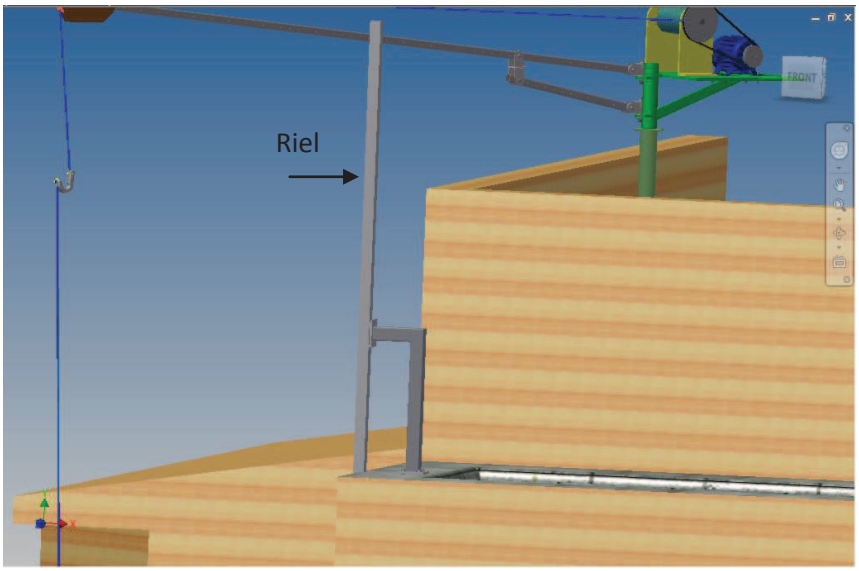


Figura 2.8 Vista de elevador, canasta.



En la siguiente **figura 2.9** se muestra al elevador y la guía para la canasta ubicada a un costado del elevador.

Figura 2.9 Ubicación y anclaje del riel.

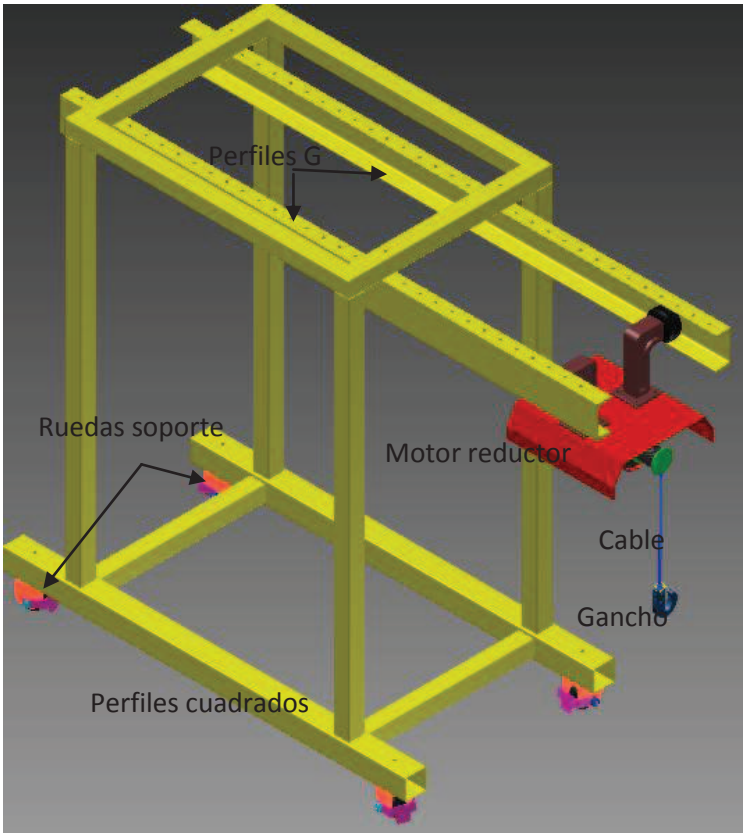


2.5. ALTERNATIVA II

Se trata de una estructura soporte la cual está apoyada en cuatro ruedas la cual esta soldada totalmente, este elevador tiene ruedas que permitan su desplazamiento en cualquier dirección.

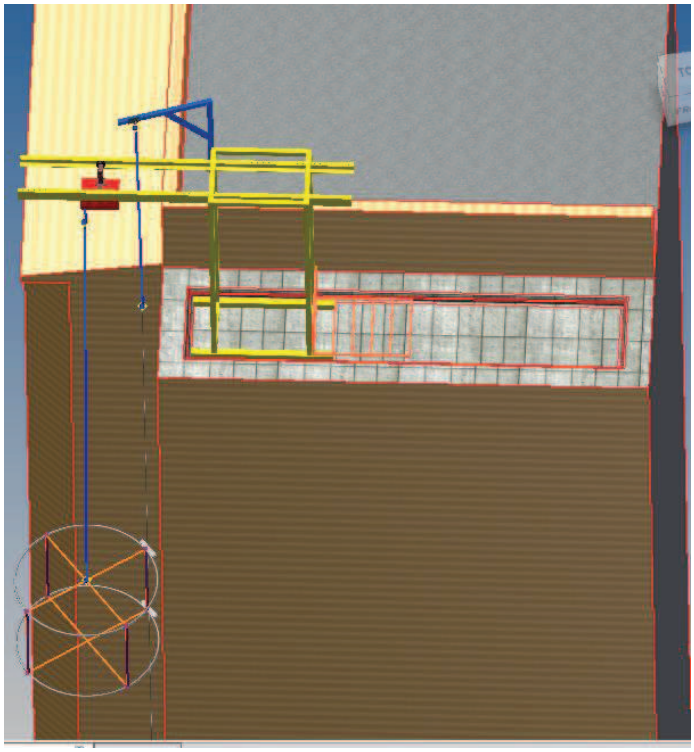
En la **figura 2.10** se indican el esquema del elevador y sus partes

Figura 2.10 Elevador de estructura.



La máquina funciona de la siguiente manera; una vez fijado correctamente el elevador se enciende el motor eléctrico que es el encargado de transmitir la potencia al reductor de velocidad el cual nos da la salida deseada, este bajara el gancho hasta la parte baja del edificio tomará la carga la llevara hacia arriba guiada por un cable. Una vez arriba la carga será desplazada por el riel de la estructura hacia el interior de la terraza. En la siguiente **figura 2.11** se indican la ubicación del equipo en la terraza.

Figura 2.11 Vista de ubicación en el edificio.



En **figura 2.12, 213** se muestra se indica el sistema siendo guidado por un cable.

Figura 2.12 Vista de funcionamiento.

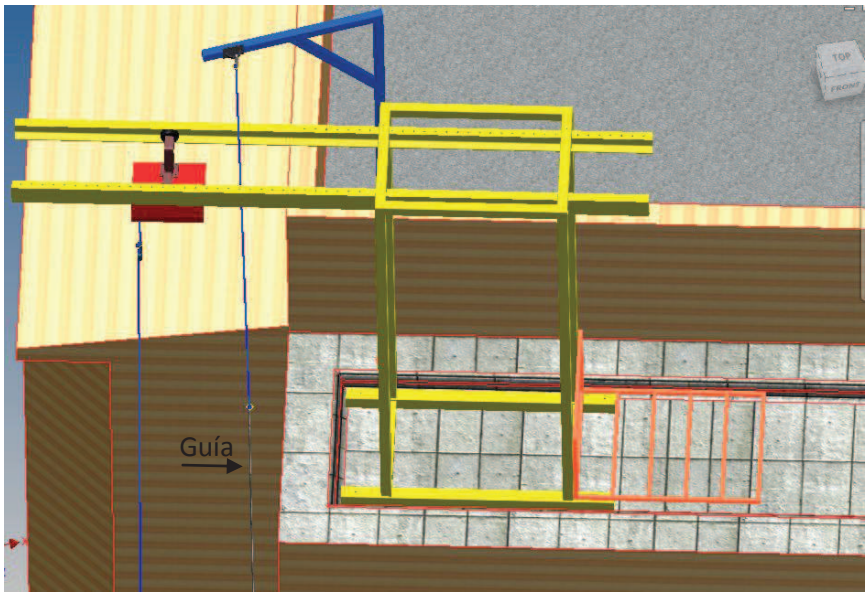
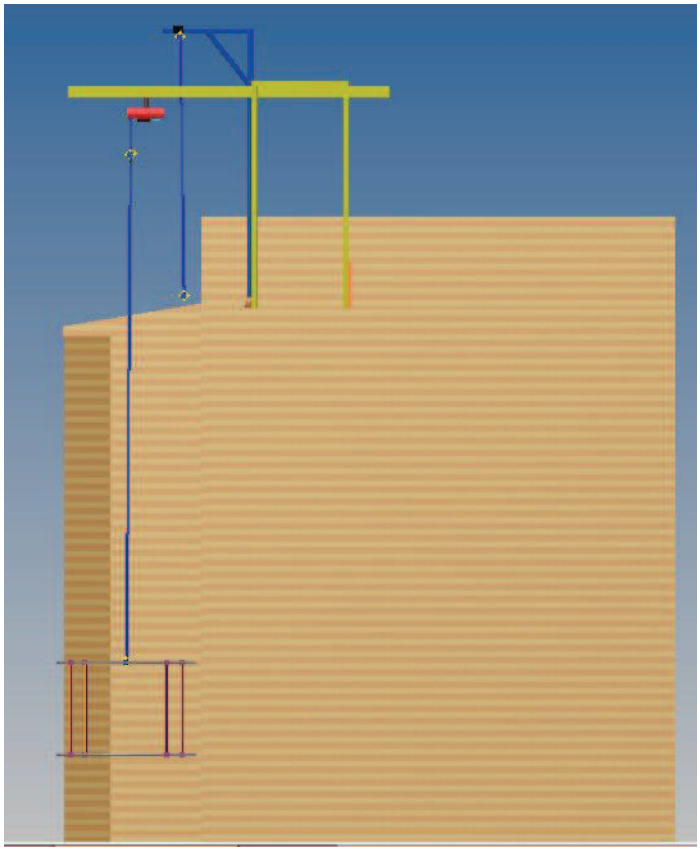


Figura 2.13 Vista frontal de ubicación en el edificio.



Las ventajas son:

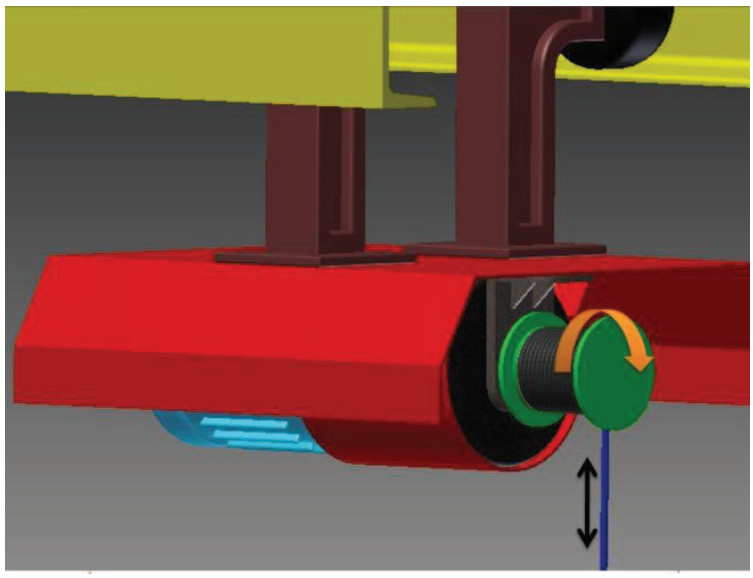
- Es semiautomático
- No requiere de operario especializado
- Mayor estabilidad
- De fácil manejo
- No existe demasiada vibración
- Control de velocidad en todo el ciclo
- Es un sistema rígido

Las desventajas son:

- Alto consumo de energía
- Se necesita de un contrapeso contrarrestar la carga de subida.
- Costo de mantenimiento y construcción
- Posee pocos movimientos
- Peso considerable
- Difícil para trasladarse de un lugar a otro

El funcionamiento del polipasto en la **figura 2.14**

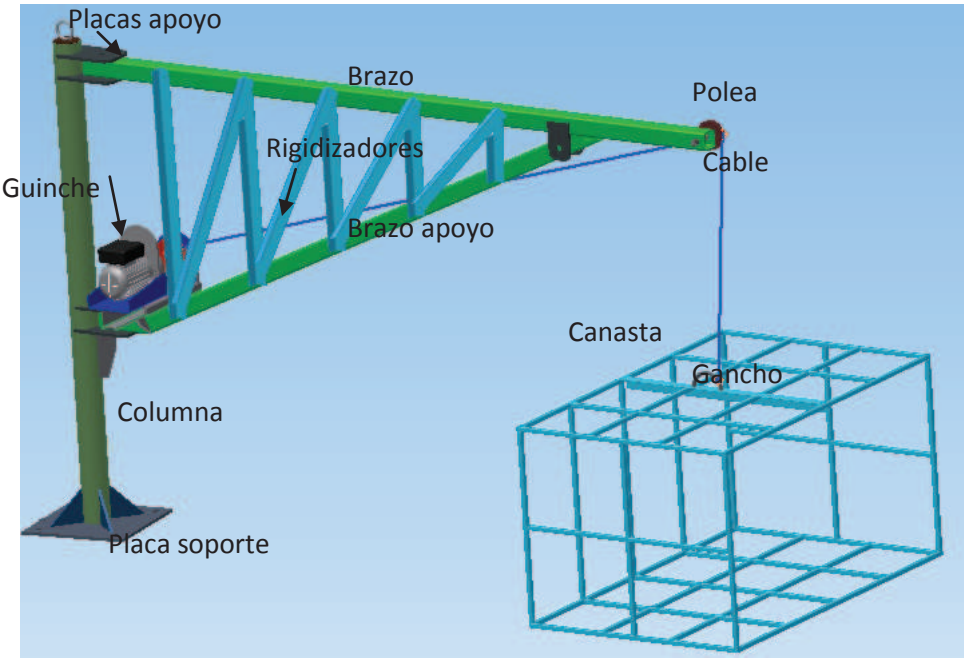
Figura 2.14 Desplazamiento del cable y rotación del tambor.



2.6. ALTERNATIVA III

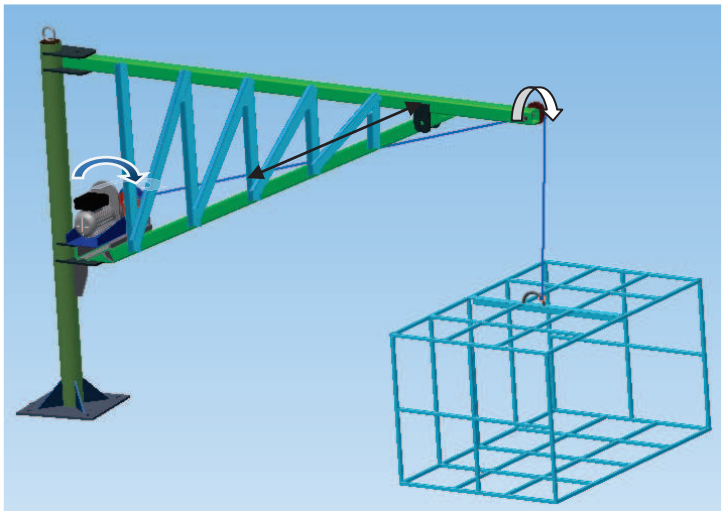
En la **figura 2.15** se visualiza el esquema del elevador con todos sus partes.

Figura 2.15 Elevador de brazo giratorio.



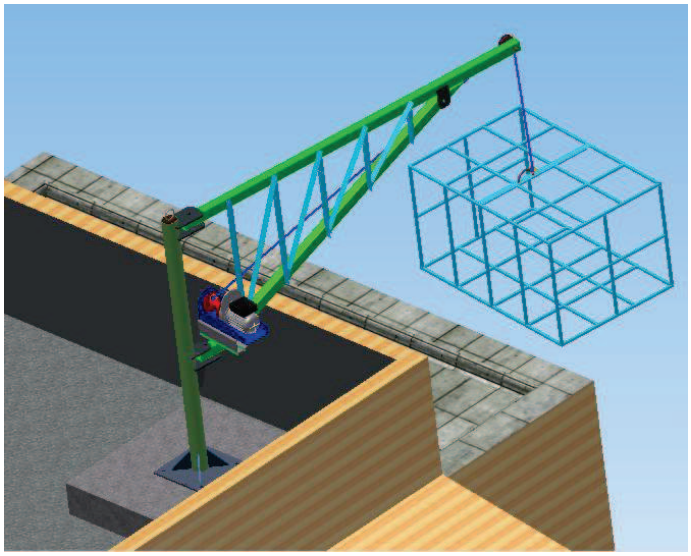
Anclado el elevador se enciende el motor, este motor entregará un velocidad alta, pero esta será enviada a reductor de velocidad el cual nos entrega la velocidad adecuada de subida o bajada de la carga, mediante el tambor y el cable se logra trasformar la velocidad en angular en velocidad lineal de manera que pueda trasladarse verticalmente la carga usando una canasta y una riel guía que nos permitirá reducir el movimiento y trasladar con mayor seguridad. En la **figura 2.16** se muestra el funcionamiento del elevador.

Figura 2.16 Funcionamiento del mecanismo.



El elevador anclado en el edificio de la FIM se muestra continuación ver **figura 2.17**

Figura 2.17 Ubicación en el edificio de la FIM.



Las ventajas son:

- En su mayoría es automático
- Ligero, piezas recambiables
- Control del proceso de subida y bajada de la carga en todo momento
- Se puede adaptar otro tipo de motor
- Se puede instalar a cualquier parte creando una base
- Fácil maniobrabilidad
- Es seguro

Las desventajas son:

- Necesita mínimo dos operarios
- Necesita de un anclaje robusto
- La vibración del motor puede ser un factor determinante
- Necesita protección contra la humedad

2.7. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO

El conjunto de alternativas presentado requiere una valoración con el fin de ayudar una adecuada elección. Para la valoración se considera los siguientes aspectos:

- Bajo costo
- Funcionalidad
- Fácil construcción y montaje
- Mantenibilidad
- Peso ligero
- Ergonomía
- Fiabilidad
- Tamaño

Facilidad de construcción.- Todo sistema debe ser evaluado de acuerdo al número de elementos que entran en su construcción y montaje de esto depende que tan fácil sea realizarlo, teniendo en cuenta las facilidades de

tecnología que se tiene en nuestro país para hacer los diferentes elementos compontes de la máquina.

Mantenibilidad.- Es la aptitud del sistema para ser mantenido. Y mantenimiento es el conjunto de acciones que permitan mantener o restablecer un producto o un sistema a una condición admisible para asegurar un determinado servicio, todo esto al costo global optimo a lo largo de su ciclo de vida.

Funcionalidad.- Todo proyecto debe cumplir con la función para que fuera creada con el fin de que cumpla con las operaciones a satisfacción de los requerimientos.

Bajo costo.- La valoración del costo es determinante para la elección de la mejor alternativa, puesto que se debe realizar con los mejores materiales, y al menor precio para que sea accesible y se pueda implementar.

Ergonomía.- Es un nuevo término usado que trata de un estudio pluridisciplinario de las relaciones entre las personas y su entorno, especialmente de sus limitaciones y condiciones.

La Intervención en la realidad exterior tanto la natural como la artificial, para mejorar la relación de las personas con su entorno en vistas de la eficacia, el confort, la salud y la seguridad.

Fiabilidad.- Es la aptitud de un sistema para funcionar correctamente a lo largo de un tiempo determinado prefijado. Para precisar el concepto de fiabilidad hay que establecer unas condiciones admisibles de funcionamiento, por debajo de las cuales se considera que se ha producido un fallo.

Tamaño.- Lugar y espacio que ocupa el elevador en la terraza.

2.7.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES [20]

En las diferentes etapas del proceso de diseño, después de cada despliegue de alternativas, corresponde a hacer una evaluación de las mismas que sirva de base para la posterior toma de decisiones. Estas evaluaciones en general

no centran sobre un determinado elemento, si no que se deben ponderar distintos aspectos del sistema de base de criterios que a menudo implican juicios de valor. Para tomar la decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes:

Alternativas

Como mínimo debe disponerse de dos alternativas (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas característica deben ser diferentes.

Criterios

Hay que establecer los criterios en base a la cual las alternativas deberán ser evaluadas así como también la ponderación relativa entre ellas.

Dado que en todas las soluciones de la ingeniería intervienen múltiples aspectos que hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de ponderación de criterios. Existen números métodos de evaluación que pueden agruparse en:

2.7.1.1. MÉTODOS ORDINALES

El evaluador clasifica el orden de las diferentes soluciones alternativas para cada criterio. El inconveniente de estos métodos consiste en la dificultad de integrar los resultados de distintos criterios en una evaluación global, ya que no es sensible a ponderaciones de criterios.

2.7.1.2. MÉTODOS CARDINALES

El evaluador debe cuantificar sus juicios en relación a la efectividad de las alternativas y la importancia de los criterios. Estos métodos facilitan la integración de soluciones parciales en un resultado global, pero a menudo la cuantificación puede resultar arbitraria especialmente en las etapas iniciales de diseño.

2.7.1.3. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS

La mayoría de las veces para decidir entre diversas soluciones (especialmente la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por esto que se recomienda el método ordinal corregido de criterio ponderados, que sin necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales lo suficientemente significativos.
Se basa en tablas donde cada criterio (o solución para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
- 0,5 Si el criterio (o solución) de la filas es equivalente (=) al de las columnas
- 0 si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

Luego para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después en otra columnas se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

2.7.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

2.7.2.1. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADO

En la **tabla 2.3** se muestra la valoración de cada uno de los criterios planteados anteriormente

Tabla 2.3 Evaluación del peso específico de cada criterio.

Precio = Fácil Construcción y Montaje = Peso > Funcionalidad = Ergonomía= Tamaño > Mantenimiento>Fiabilidad										
Criterio	**Peso**	**Mantenimiento**	**Precio**	**Ergonomía**	**Funcionalidad**	**Fácil construcción y Montaje**	**Fiabilidad**	**Tamaño**	**Σ+1**	**Ponderado**
Peso		1	0,5	1	1	0,5	1	1	7	0,1944
Mantenimiento	0		0	0	0	0	1	0	2	0,0556
Precio	0,5	1		1	1	0,5	1	1	7	0,1944
Ergonomía	0	1	0		0,5	0	1	0,5	4	0,1111
Funcionalidad	0	1	0	0,5		0	1	0,5	4	0,1111
Fácil construcción y Montaje	0,5	1	0,5	1	1		1	1	7	0,1944
Fiabilidad	0	0	0	0	0	0		0	1	0,0278
Tamaño	0	1	0	0,5	0,5	0	1		4	0,1111
								suma	**36**	**1**

En la **tabla 2.4** se muestra la evaluación para el peso de la máquina

Tabla 2.4 Evaluación del peso específico del criterio *Peso.*

Solución **II > Solución I > Solución III**					
Peso	**Solución I**	Solución **II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución **I**		**0**	**1**	**2**	**0,3333**
Solución **II**	**1**		**1**	**3**	**0,5000**
Solución **III**	**0**	**0**		**1**	**0,1667**
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.5** se muestra la evaluación para el mantenimiento de la máquina

Tabla 2.5 Evaluación del peso específico del criterio *Mantenimiento.*

Solución I > Solución II= Solución III					
Mantenimiento	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución I		**1**	**1**	**3**	**0,5000**
Solución II	**0**		**0,5**	**1,5**	**0,2500**
Solución III	**0**	**0,5**		**1,5**	**0,2500**
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.6** se muestra la evaluación para el precio de la máquina

Tabla 2.6 Evaluación del peso específico del criterio *Precio.*

Solución II> Solución III > Solución I					
Precio	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución I		**0**	**0**	**1**	**0,2000**
Solución II	**1**		**0**	**2**	**0,4000**
Solución III	**1**	**0**		**2**	**0,4000**
			SUMA	**5**	**1**

En la **tabla 2.7** se muestra la evaluación criterio ergonomía de la máquina

Tabla 2.7 Evaluación del peso específico del criterio *Ergonomía.*

Solución III > Solución I >Solución II					
Ergonomía	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	∑+1	**Ponderado**
Solución I		1	0	2	0,3333
Solución II	0		0	1	0,1667
Solución III	1	1		3	0,5000
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.8** se muestra la evaluación para la funcionalidad de la máquina

Tabla 2.8 Evaluación del peso específico del criterio *Funcionalidad.*

Solución III > Solución I> Solución II					
Funcionalidad	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	Σ+1	**Ponderado**
Solución I		1	0	2	0,3333
Solución II	0		0	1	0,1667
Solución III	1	1		3	0,5000
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.9** se muestra la evaluación para fácil construcción de la máquina

Tabla 2.9 Evaluación del peso específico del criterio *Fácil construcción y montaje.*

Solución I > Solución III> Solución II					
Fácil construcción y montaje	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución I		**1**	**0**	**2**	**0,4000**
Solución II	**0**		**0**	**1**	**0,2000**
Solución III	**0**	**1**		**2**	**0,4000**
			SUMA	**5**	**1**

En la **tabla 2.10** se muestra la evaluación para la fiabilidad de la máquina

Tabla 2.10 Evaluación del peso específico del criterio *Fiabilidad.*

Solución II = Solución I > Solución III					
Fiabilidad	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución I		**0,5**	**1**	**2,5**	**0,4167**
Solución II	**0,5**		**1**	**2,5**	**0,4167**
Solución III	**0**	**0**		**1**	**0,1667**
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.11** se muestra la evaluación para tamaño de la máquina

Tabla 2.11 Evaluación del peso específico del criterio *Tamaño.*

Solución II> Solución I > Solución III					
Tamaño	**Solución I**	**Solución II**	**Solución III**	**Σ+1**	**Ponderado**
Solución I		**0**	**1**	**2**	**0,3333**
Solución II	**1**		**1**	**3**	**0,5000**
Solución III	**0**	**0**		**1**	**0,1667**
			SUMA	**6**	**1**

En la **tabla 2.12** se indican las conclusiones y la selección de la alternativa de acuerdo a cada uno de los criterios

Tabla 2.12 Conclusiones de cada uno de los criterios.

TABLA DE CONCLUSIONES										
Conclusión	Peso	Mantenimiento	Precio	Ergonomía	Funcionalidad	Fácil construcción y Montaje	Fiabilidad	Tamaño	Σ+1	Prioridad
Solución I	0,3333	0,5	0,2	0,3333	0,3333	0,4	0,2500	0,3333	2,6832	3
Solución II	0,5	0,25	0,4	0,1667	0,1667	0,2	0,2500	0,5000	2,4334	2
Solución III	0,1667	0,25	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5000	0,1667	2,8834	1
								Suma	8	

La alternativa mejor puntuada es la III, la alternativa II se ubica en segundo puesto y la alternativa I en el tercer lugar

Nota: Todas las tablas son de elaboración propia

2.8. GUIADO DE LA CANASTA

Los diferentes equipos o materiales del laboratorio que se vayan a subir o bajar hacia o desde la terraza necesitan de alguna manera de seguridad; evitar movimientos que pueden causar algún daño a los equipos o materiales que se transportan, estos pueden producirse por la presencia del viento o vibraciones del elevador. Es por esto que se presenta la necesidad de guiar a la canasta con algún mecanismo o estructura guía para evitar los movimientos mencionados. Pero debido a que no se puede ubicar estructuras en el edificio porque afectan a la fachada, la única solución que puede darse es guiar a la canasta manualmente con la ayuda de una cuerda y una segunda persona ubicada en la parte baja del edificio con el objetivo de evitar que la canasta golpee con la pared del edificio.

2.9. DISEÑO DEL ELEVADOR

2.9.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Las consideraciones que se tiene para diseñar el elevador son las siguientes:

- La facilidad de construcción de cada uno de los elementos constitutivos de la máquina.
- Facilidad de montaje se hace énfasis a la facilidad para llevar de un lugar a otro cada una de las piezas y el armado sencillo de la máquina de manera que no se necesita experiencia para el armado de la misma.
- El que el equipo sea liviano conlleva a que el operario sea el que la mueva hacia el lugar requerido.
- Trasladable cada pieza debe poderse llevar sin una mayor dificultad cuando se desarme en sus partes y además debe poderse trasladar de manera completa de una manera sencilla.
- Fácil mantenimiento para que el conjunto de acciones que se lleven a cabo para preservar cada una de las partes de la máquina sean lo menos repetitivas.
- Bajo costo reducir al máximo los gastos en materiales y mantenimiento futuro del equipo.
- El espacio que ocupará la máquina ya ensamblada sea el mínimo posible.
- Confiabilidad el tiempo que dura la máquina trabajando sin presentar riesgo alguno.

2.10. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA A CONSTRUIR

El análisis se lo hace separando a la máquina en los siguientes sistemas y en el orden que se escribe a continuación

- Sistema de giro y elevación
  - Brazo
  - Pasador (perno)
  - Eje Polea
  - Cable
  - Polea
  - Guinche
  - Rodamiento
  - Gancho
  - Ajusta cables
- Sistema fijo
  - Columna
  - Placa soporte
  - Placas base
  - Placas rigidizadoras
  - Tol soporte para motor
  - Juntas soldadas
  - Pernos embebidos
  - Rigidizadores
- Sistema de guía
  - Cuerda
  - Gancho
  - Ajusta cables
  - Canasta

Para esto se comienza analizando las cargas en el elevador, con el fin de obtener la carga última de diseño por el método de “Diseño por factores de carga y resistencia. Se realiza el diagrama de cuerpo libre de la máquina y se

obtiene las ecuaciones de equilibrio, para luego analizar cada uno de los sistemas que componen la máquina con cada uno de los elementos.

2.10.1. FACTOR DE SEGURIDAD [21]

El término factor de seguridad se aplica al factor utilizado para evaluar la condición segura de un elemento. Si se designa este valor al límite ultimo de F como F_u entonces el factor de seguridad se define como.

$$n = \frac{F_u}{F} \qquad \text{Ec. } (2.1)$$

Cuando el esfuerzo se hace igual a la resistencia $n = 1$ no habra ninguna seguridad en absoluto. Para aplicaciones el factor de seguridad siempre debe ser $n > 1$

2.10.2. CARGAS EN EL ELEVADOR [17]

La carga muerta corresponde la peso propio de la máquina y el guinche. La carga muerta se la estima con el diseño preliminar realizado en el programa Autodesk Inventor 2011; el peso estimado es de 140 kgf (carga muerta).La carga viva es la del cable (11,8 kgf) ádemas de la carga a elevarse que es de 200 kgf y el peso de la canasta. Las combinaciones usuales de las cargas en el LRDF (Load Resistance Factor Design) se la calculan:

$$U = 1{,}4D \qquad \text{Ec. } (2.2)$$

$$U = 1{,}2D + 1{,}6L + 0{,}5(L_r \text{ o } S \text{ o } R) \qquad \text{Ec. } (2.3)$$

Donde:

U →Carga última [kgf]

D →Carga muerta [kgf]

L →Carga vivas [kgf]

L_r →Cargas vivas en techos [kgf]

S → Cargas de nieve [kgf]

R → Para carga inicial de agua de lluvia o nieve [kg]

El peso de la canasta es de 29 kgf; remplazando en Ec. (2.3)

$$U = 1{,}2(140) + 1{,}6(11{,}8 + 200 + 29) + 0{,}5(0)$$

$$U = 84 + 385{,}28 + 0{,}5(0)[\text{kgf}]$$

$$U = 553{,}28[\text{kgf}]$$

La carga crítica o la resistencia de diseño es de 553,28 kgf. A continuación en las **figuras 2.18; 2.19** se presenta el diagrama de cuerpo libre de toda la máquina.

Figura 2.18 Muestra la distancia y partes de la máquina.

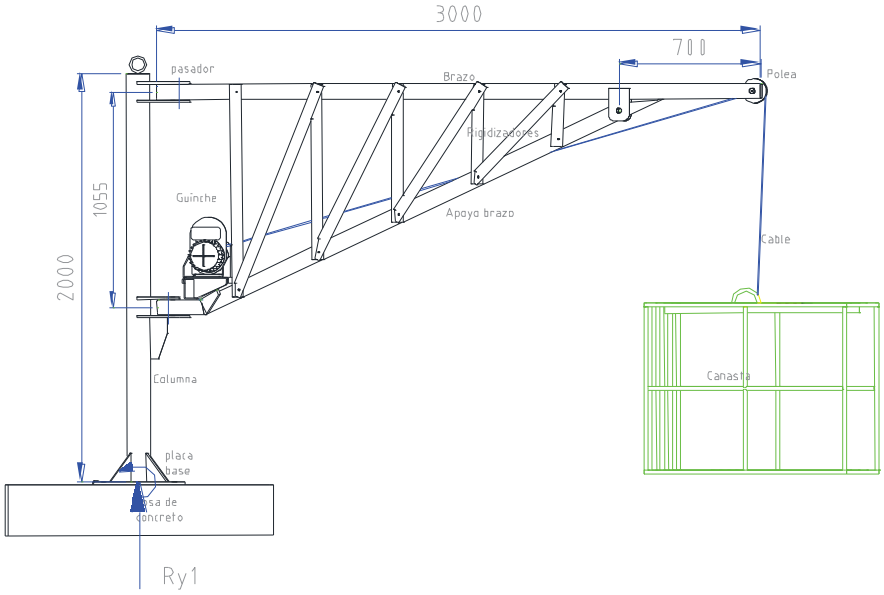
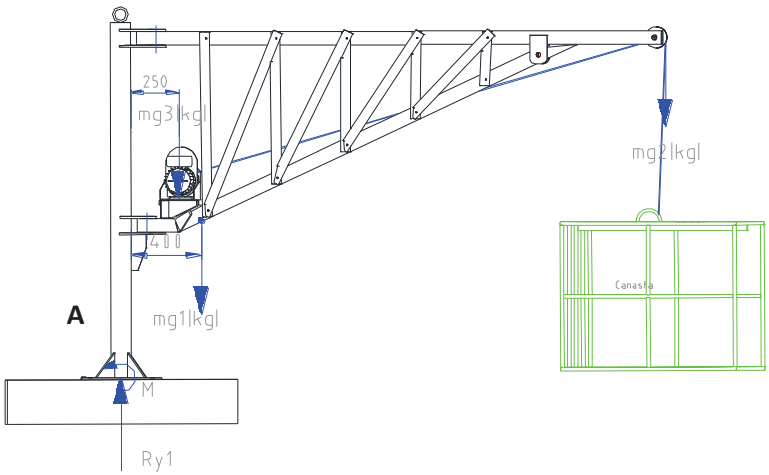


Figura 2.19 Diagrama de cuerpo libre en la máquina.



Sumatoria de fuerzas para los ejes x e y

$$\sum F_y = 0 \ \uparrow_+$$

$$R_{y_1} - mg_1 - mg_2 - mg_3 = 0 \qquad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

$mg_1 = 140[\text{kgf}]$ Peso total aproximado de la máquina

$mg_2 = 29 + 200\ [\text{kgf}]$ Peso de la canasta y de la carga

$mg_3 = 20\ [\text{kgf}]$ Peso guinche

$\therefore R_{y_1} = 389\ [\text{kgf}]$

$$\sum M_A = 0 \ \circlearrowleft_+$$

$$M_A - mg_2\,(3000\ \text{mm}) - mg_3(250\ \text{mm}) - mg_1(400\ \text{mm}) = 0 \qquad \text{Ec. (2.5)}$$

$$M_A = (229\text{kgf})(3{,}0\ ) - (20\ \text{kgf})(0{,}250\ \text{m}) - (140\text{kgf})(0{,}40\ \text{m}) = 748\ [\text{kgf} - \text{m}]$$

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA MÁQUINA

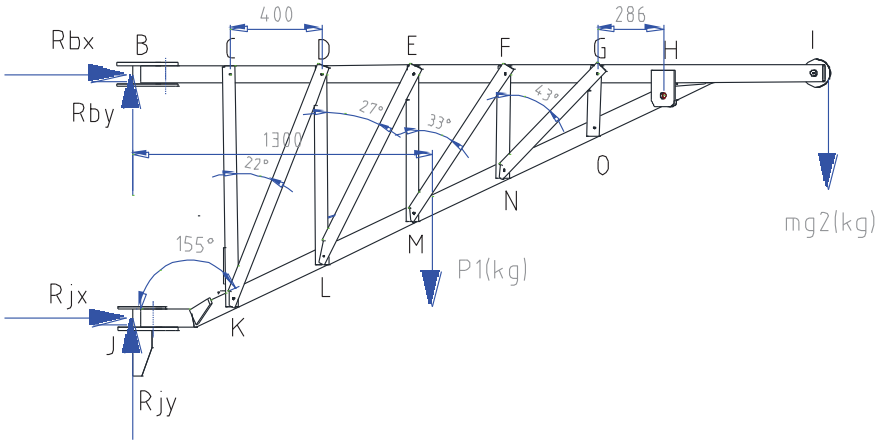
En este capítulo se presenta el diseño de cada una de las partes del elevador de carga. Usando software: Autodesk Inventor 2014, Md Solid 3.5 y SAP 2000, se simula las partes determinantes del elevador, se presenta los criterios de selección de cada uno de los elementos componentes de los que no se vayan analizar sus esfuerzos.

3.1. SISTEMA DE GIRO Y ELEVACIÓN

3.1.1. DISEÑO DEL BRAZO

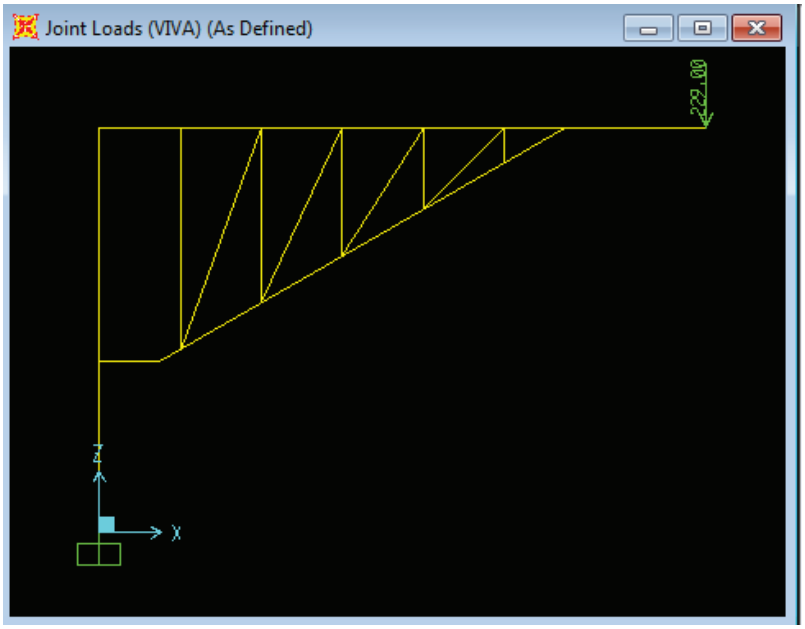
El brazo gira 180°, ángulo con él cual la carga puede llegar hasta la terraza, este es un movimiento horizontal manual tomando como eje la columna. La longitud del brazo es de 3,0 m; longitud suficiente con la que se genera un espacio para que los equipos de forma irregular que ocupan un gran volumen no reciban ningún daño. Mediante el uso del software “Sap200 versión 14” se obtiene las reacciones, obtenidas las reacciones se presenta los diagramas fuerza y momento flector, usando estos diagramas se obtiene el momento máximo, luego se obtiene el esfuerzo y con el factor de seguridad se selecciona el perfil estructural. El perfil estructural deberá ser cuadrado ya que este tipo de perfil permitirá, que a sus paredes laterales puedan añadirse con facilidad elementos si así se lo requiere. **Figura 3.1** se indica el diagrama de cuerpo libre del brazo del elevador de carga, P_1 representa el peso del brazo ubicado en el centro de gravedad.

Figura 3.1 Diagrama de fuerzas para el brazo.



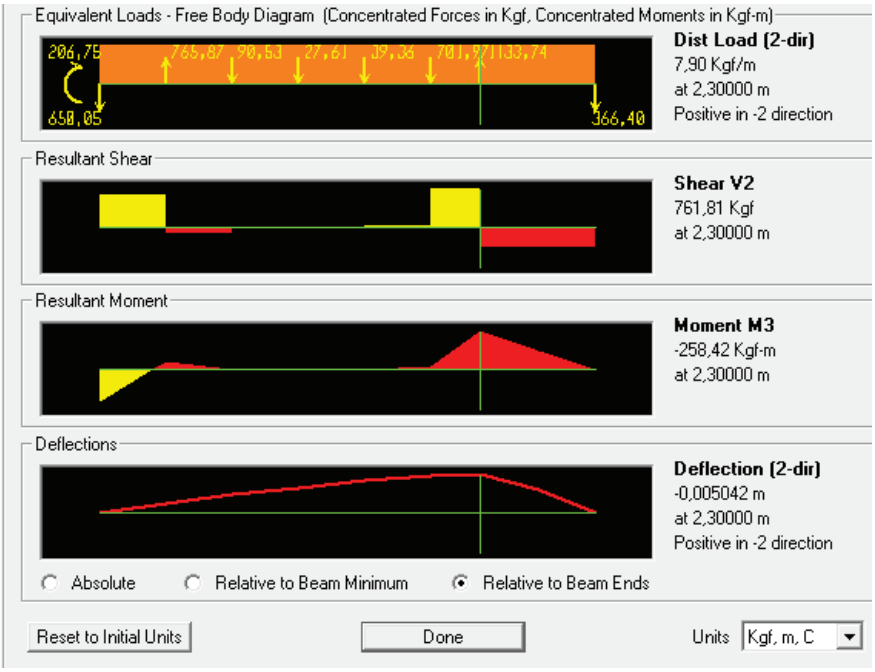
En la siguiente **figura 3.2** se muestra la carga total aplicada a la estructura, realizado en el software Sap2000.

Figura 3.2 Carga total al elevador.



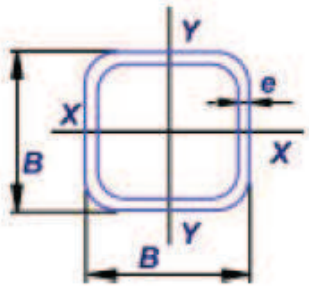
Los resultados del análisis en el software para el caso del perfil horizontal cuadrado se muestran a continuación en la **figura 3.3**, junto con el digrama de fuerza cortante y momento flector.

Figura 3.3 Diagrama perfil horizontal**.**



El momento máximo es $258{,}42\ [\text{kgf} - \text{m}]$. Se considera perfil estructural cuadrado ASTM A-36 con las características mostradas en la **figura 3.4**

Figura 3.4 Sección transversal, perfil estructural cuadrado.



Fuente: Tabla de DIPAC

En la siguiente **tabla 3.1** se dan algunas de las propiedades del perfil cuadrado

Tabla 3.1 Propiedades del perfil.

DIMENSIONES			PESO	ÁREA	PROPIEDADES x-x, y-y		
Designación		e	P	A	I	W	i
pulg	mm	mm	Kg/m	cm^2	cm^4	cm^3	cm
3	75	4.0	8,59	10,95	89,98	24,0	2,87
3	75	3.0	6,71	8,41	71,74	19,08	2,92
3	75	2.0	4,78	5,74	50,47	13,46	2,97

Fuente: Tabla de la DIPAC

En el anexo A-1 se muestran las propiedades para la sección cuadrada, que se encuentran disponibles en el medio, con estas propiedades se obtiene el esfuerzo máximo de flexión.

$$\sigma_{máx} = \frac{M_{máx}}{W_{z-z}} \qquad \text{Ec. (3.1)}$$

$\sigma_{máx}$ →Esfuerzo máximo de flexión $\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

$M_{máx}$ → Momento flector máximo $[kgf - mm]$

W_{z-z} → Módulo de la sección $[mm^3]$

$$\sigma_{máx} = \frac{258420\ [kgf - mm]}{19{,}08\ cm^3 \frac{10^3 mm^3}{1 cm^3}} = 13{,}54\ \left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$$

El factor de seguridad se cálcula con la siguiente ecuación

$$n = \frac{S_y\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]}{\sigma_{máx}\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]} \qquad \text{Ec. (3.2)}$$

n → Factor de seguridad

S_y →Esfuerzo de fluencia del material $\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

Según la ASTM A-36 el esfuerzo de fluencia es $S_y = 25{,}36\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

$$n = \frac{25{,}36\ \left[\frac{kgf}{mm^2}\right]}{13{,}54\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]} = 1{,}87$$

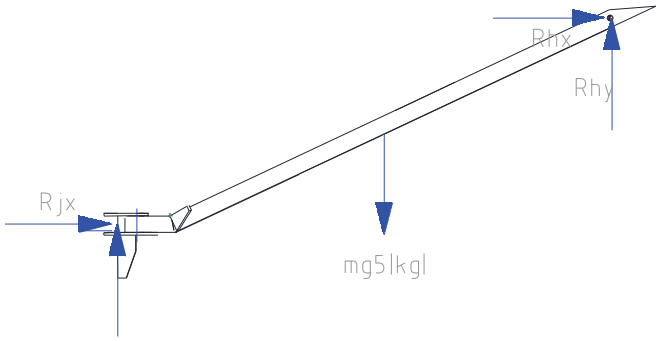
Para el caso selecciona el perfil estructura ASTM A-36 que brinda un factor de seguidad de 2,34 , se pinta de color en la tabla 3.1

3.1.2. PERFIL INCLINADO

Utilizando el mismo criterio que se realizó en el brazo, se selecciona el perfil adecuado para el apoyo del brazo, el perfil también será cuadrado siendo consecuente con el brazo. La longitud que se estima es 2460 mm la parte inclinada y 230 mm la parte horizontal. En la siguiente **figura 3.6** se muestra el

diagrama de cuerpo libre del brazo inclinado con el ángulo medido en el programa Autodesk Inventor 2013.

Figura 3.5 Diagrama de fuerzas perfil inclinado.



Los resultados de la simulación junto con los diagramas de fuerza cortante y momento flector para la parte horizontal del perfil inclinado que es la más crítica se presenta a continuación en la **figura 3.6**

Figura 3.6 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.

El momento máximo que se tiene es $367{,}60\ [\text{kgf} - \text{m}]$ usando la tabla 3.1 y la ecuación 3.1; 3.2 se tiene:

$$\sigma_{máx} = \frac{367600[\text{kgf}-\text{mm}]}{19080\ \text{mm}^3} = 19{,}26; \quad \text{n} = \frac{25{,}36\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]}{19{,}26\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]} = 1{,}32$$

Se seleciona el perfil ASTM A-36 que brinda mayor factor de seguidad, para el caso es el que pinta en la tabla 3.1 de color.

3.1.3. PASADOR

3.1.3.1. DISEÑO DEL PASADOR SUPERIOR

Tanto en el pasador superior como el inferior se realiza un análisis estático, ya que estos serán los pivotes y el apoyo del brazo. Usando el diagrama de fuerza, momento flector y la teoría de esfuerzo cortante máximo se obtiene el diámetro asumiendo un factor de seguridad de 2.5; considerando que estos son los que más fuerza soportan y si estos fallan la máquina pierde su función. La longitud de los pasadores son estimados de acuerdo a la medida de los perfiles que se obtuvieron anteriormente, considerando una holgura adecuada. Además se verifica que el factor de seguridad para corte sea mayor a uno.

3.1.3.2. DISEÑO PARA CARGAS ESTÁTICAS [21]

El diseño que se considera es para carga estática, es decir los esfuerzos en la superficie del eje maciso de sección circular sometido al cargas combinadas de flexión y torsión son:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3}, \qquad \tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Donde:

σ_x →Es el esfuerzo de flexión

τ_{xy} →Esfuerzo de torsión

d →Diámetro del eje

M →Momento flexionante en la sección crítica

T →Momento torsionante en la sección crítica.

Con lo cual mediante el circulo de Morh se halla que el esfuerzo cortante máximo es:

$$\tau_{máx} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \qquad \text{Ec. (3.3)}$$

Eliminando σ_x, T_{xy} de las expresiones anteriores

$$T_{máx} = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{M^2 + T^2} \qquad \text{Ec. (3.4)}$$

En la teoría de esfuerzo cortante máximo para las falla estática se expresa que $S_{sy} = 0{,}5S_y$ Empleando el factor de seguridad n en la ecuación 3.4, puede escribirse como:

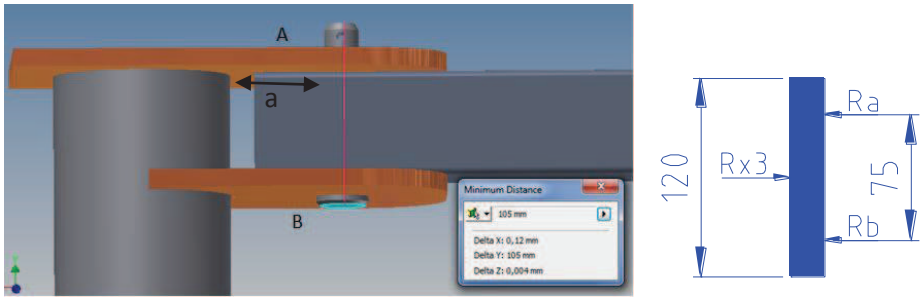
$$\frac{S_y}{2n} = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{M^2 + T^2} \quad \text{ó} \quad d = \left[\frac{32n}{\pi S_y}(M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}}$$

Enfoque similar se utiliza en la teoria de la energía de distorsión:

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y}\left(M^2 + \frac{3}{4}T^2\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \qquad \text{Ec. (3.5)}$$

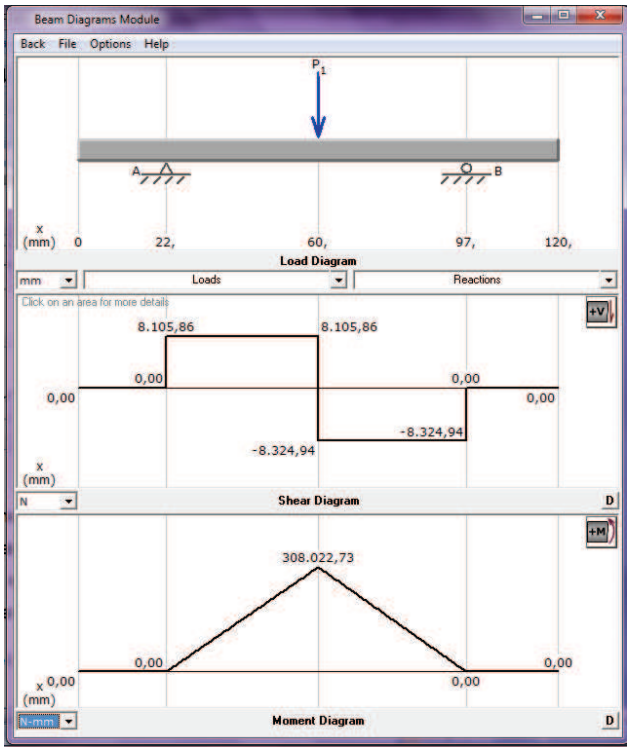
Para el diseño del pasador se considera la longitud de este es: $L_1 = 120\ \text{mm}$ Esta longitud es suficiente como para abarque las placas y el brazo como se muestra en la **figura 3.7** donde se indica también las fuerzas que actuan.

Figura 3.7 Diagrama de fuerzas en el Pasador 1.



La fuerza $R_{x3} = 1643{,}08\ [\text{kgf}]$ se la toma de los resultados del analisis del perfil horizontal, mediante este se obtiene las ecuaciones de fuerza cortante y momento flector como se muestra en la **figura 3.8**

Figura 3.8 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



El momento máximo que se obtiene el diagrama es $\mathrm{M} = \mathrm{M}_{\mathrm{máx}} = 308022{,}73[\mathrm{N} - \mathrm{mm}]$; el límite de fuencia del Acero A-36 es de $36\mathrm{kpsi} = 250\mathrm{Mpa}$, se considera una factor de seguridad $\mathrm{n} = 1{,}4$. No se tiene momento torsionante en la sección crítica $\mathrm{T} = 0$. Con la ecuación 3.5 se obtiene el diametro:

$$\mathrm{d} = \left[\frac{32(1{,}4)}{\pi(250\ \mathrm{MPa})}((308{,}02\ \mathrm{N} - \mathrm{m})^2 + 0^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{32(1{,}4)}{\pi(250\mathrm{x}10^6\mathrm{Pa})}((308{,}02\ \mathrm{N} - \mathrm{m})^2 + 0^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\mathrm{d} = 0{,}0259\ [\mathrm{m}] = 26{,}0\mathrm{mm} = 25{,}4\ [\mathrm{mm}]$$

Con lo que se elege un diámetro del pasador de $25\ \mathrm{mm}$, se obtiene el esfuerzo cortante de la sección circular:

$$\tau = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}} = \frac{\mathrm{V}}{\frac{\pi}{4}\mathrm{d}^2} \qquad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

τ →Es el esfuerzo cortante, $\frac{\mathrm{kgf}}{\mathrm{m}^2}$; V →Fuerza cortante, kgf

A →Area de la sección, m^2; e →Espesor perfil, m^2

$$\tau = \frac{1643{,}08\text{kgf}}{\frac{\pi}{4}d^4} = \frac{761{,}66\ \text{kgf}}{\frac{\pi}{4}((25\text{x}10^{-3})^2)} = 3242659{,}85\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 32{,}43\ \text{MPa}$$

Esfuerzo cortante máximo por flexión para una sección circular se expresa:

$$\tau_{máx} = \frac{4V}{3A}\ [26] \qquad \text{Ec. (3.7)}$$

$$\tau_{máx} = \frac{4}{3}(32{,}43\ \text{Mpa}) = 43{,}23\ \text{Mpa}$$

Factor de seguridad a cortante

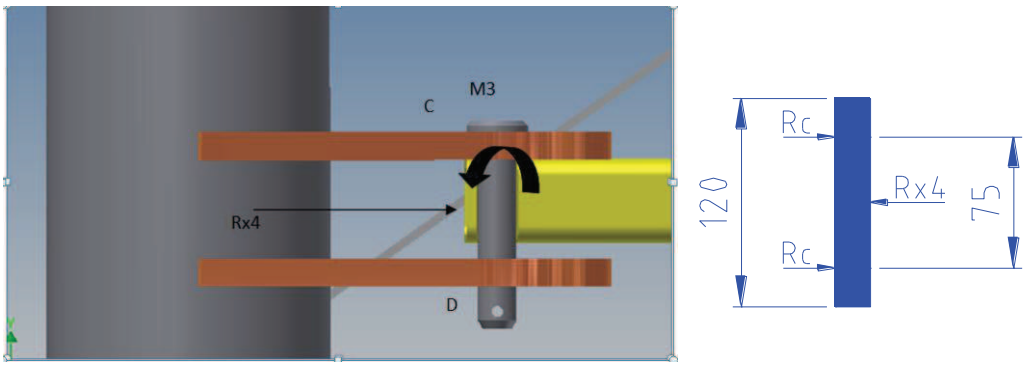
$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau_{máx}} = \text{x}\frac{0.5\ \text{x}\ 240[\text{Mpa}]}{43{,}23[\text{MPa}]} >> 1$$

El factor de seguridad es mucho mayor que uno, asi que el material es menos propenso ha fallar por corte.

3.1.3.3. DISEÑO DEL PASADOR INFERIOR

Para el diseño del pasador inferior se realiza el mismo procedimiento realizado con el pasador superior cambiando el momento en el centro M_3 como se indica en la **figura 3.9**

Figura 3.9 Diagrama de fuerzas en el pasador.

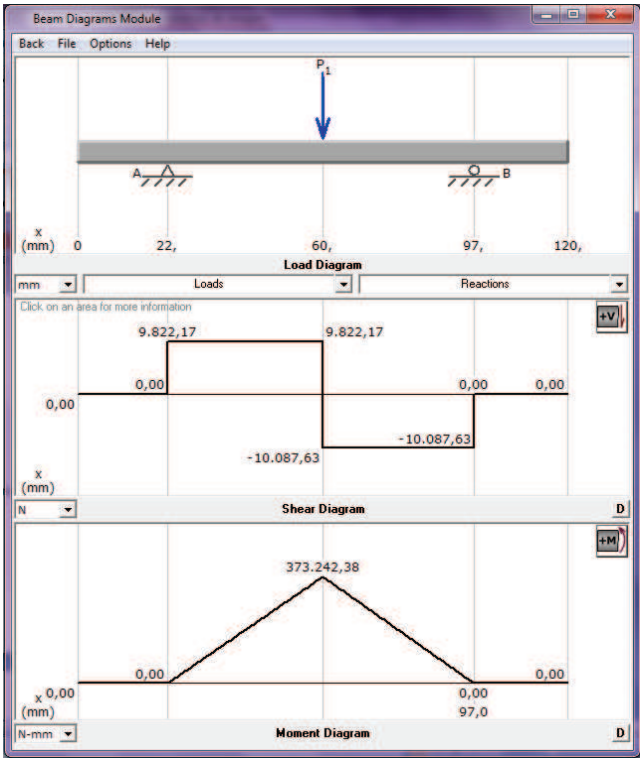


Datos:

$$R_{x4} = 1990{,}9[\text{kgf}]$$

En la siguiente **figura 3.10** se muestra el diagrama de fuerza cortante y el momento flector para el pasador inferior.

Figura 3.10 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



$$d = \left[\frac{32(1{,}2)}{\pi(250\ \text{MPa})}((373{,}24\ \text{N} - \text{m})^2 + 0^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \therefore d = 26{,}3 \equiv 25{,}4\ [\text{mm}]$$

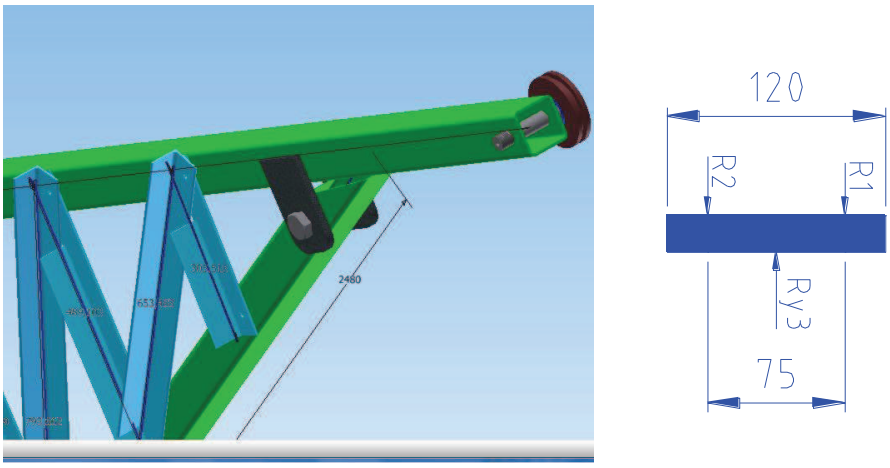
$$\tau_{máx} = \frac{4(1990{,}9\ \text{kgf})}{3\left(\frac{\pi}{4}(25{,}4\text{x}10^{-3})^2\right)} = 52{,}38\ \text{MPa}$$

$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau_{máx}} = \frac{0.5\ \text{x}\ 240[\text{Mpa}]}{52{,}38\ [\text{MPa}]} >> 1$$

3.1.3.1. DISEÑO DEL PASADOR INTERMEDIO

El procedimiento es el mismo que los anteriores para el caso el pasador esta soportado por las placas y el perfil estructural cuadrado como se muestra en la **figura 3.11**

Figura 3.11 Pasador intermedio.

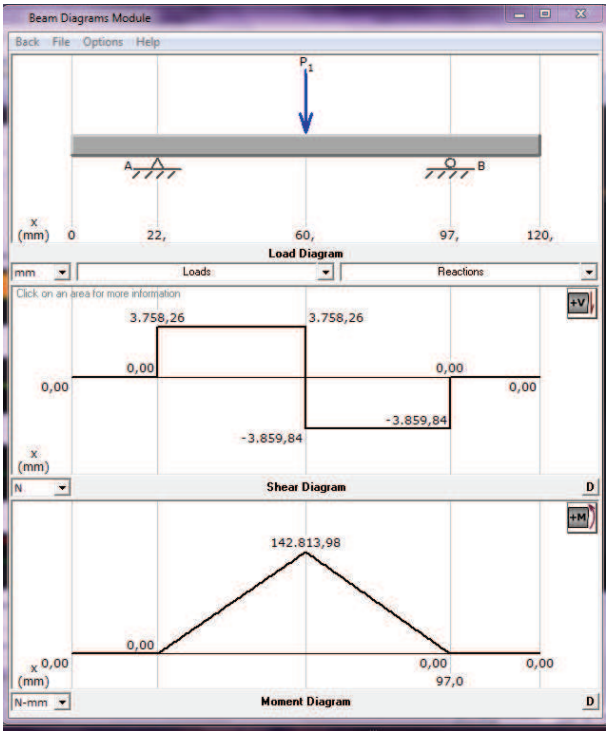


Datos:

$$R_{y3} = P_1 = 761{,}81[\text{kgf}]$$

En la siguiente **figura 3.12** se muestra el diagrama de fuerza cortante y el momento flector para el pasador intermedio.

Figura 3.12 Diagrama de fuerzas en el pasador.



$$d = \left[\frac{32(2)}{\pi(250\ \text{MPa})}((142{,}81\ \text{N} - \text{m})^2 + 0^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} = 22{,}66\ [\text{mm}]$$

$$\tau_{máx} = \frac{4(761{,}81\ \text{kgf})}{3\left(\frac{\pi}{4}(25{,}4\text{x}10^{-3})^2\right)} = 20{,}04\ \text{MPa}$$

$$n_s = \frac{S_{sy}}{\tau_{máx}} = \frac{0.5\ \text{x}\ 240[\text{Mpa}]}{20{,}04\ [\text{MPa}]} >> 1$$

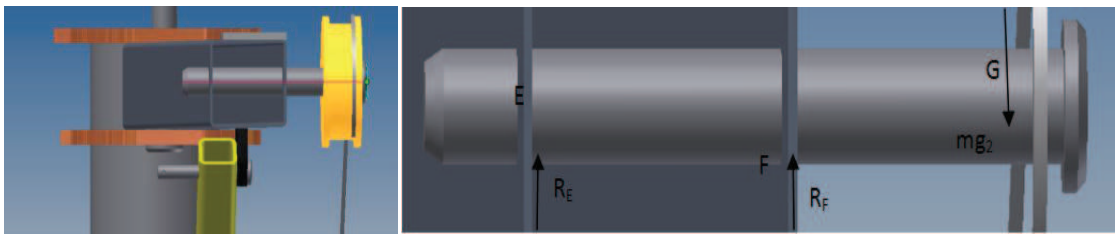
3.1.4. DISEÑO DEL EJE DE LA POLEA

Para la polea se analiza estáticamente y dinámicamente, se considera que eje no tiene cambio de sección o por lo menos no es un cambio considerable. La estimación de la longitud del eje se lo hace considerando los perfiles y el espesor aproximado de la polea los rodamientos, las distancia de la reacciones se toman del software Autodesk Inventor 2014.

3.1.4.1. DISEÑO ESTÁTICO

Se considera que el eje de acero estrutural ASTM A-36; se estima una longitud del eje de 150 mm, longitud suficiente para abarcar el perfil y la polea; en la **figura 3.12** se muestra la ubicación del eje y diagrama de fuerzas.

Figura 3.12 Diagrama de fuerzas eje de la polea.



Las reacciones R_E, R_F, mg_2 estan ubicados a 20 mm, 95 mm y 130 mm

$$\sum F_y = 0\ \uparrow^+$$

$$R_E + R_F = mg_2 \qquad \text{Ec. (3.8)}$$

Donde :

mg_2 →Es el peso de la canasta y la carga [kgf]

$$\sum \mathrm{M_E} = 0 \curvearrowright^{+}$$

$$-\mathrm{R_F}(75\mathrm{mm}) + \mathrm{mg_2}(110\mathrm{mm}) = 0; \quad \therefore \mathrm{R_F} = 335{,}87\mathrm{kgf}$$

Con la ecuación 3.8 se obtiene $\mathrm{R_E} = -106{,}87\ \mathrm{kgf}.$ El diagrama de fuerza cortante y momento flector se muestra en la **figura 3.13**

Tramo $0 \leq x \leq 20$

$$\mathrm{V} = 0[\mathrm{kgf}]; \quad \mathrm{M} = 0\ [\mathrm{kgf} - \mathrm{mm}]$$

Tramo $20 \leq x \leq 95$

$$\mathrm{V} = \mathrm{R_E} = 106{,}87[\mathrm{kgf}]; \quad \mathrm{M} = 106{,}87\mathrm{x}\ [\mathrm{kgf} - \mathrm{mm}]$$

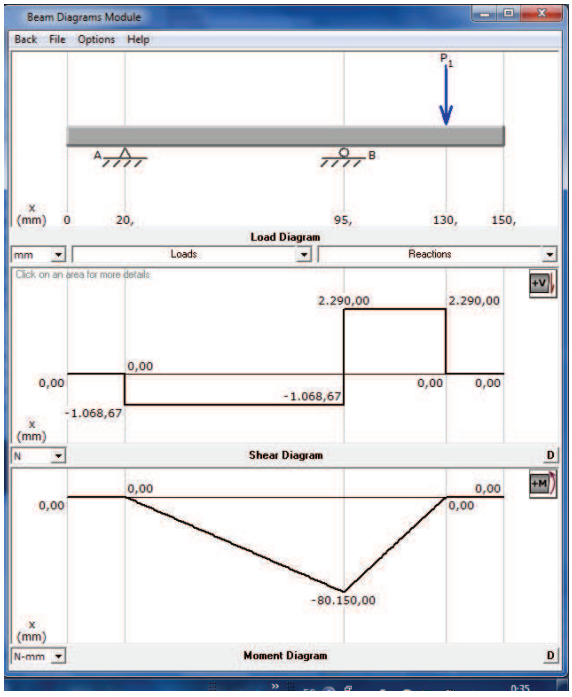
Tramo $95 \leq \mathrm{x} \leq 130[\mathrm{mm}]$

$$\mathrm{V} = 229[\mathrm{kgf}]; \ \mathrm{M} = 229\mathrm{x} - 31{,}905$$

Tramo $130 \leq x \leq 150$

$$\mathrm{V} = 0[\mathrm{kgf}]; \ \mathrm{M} = 0[\mathrm{kgf} - \mathrm{mm}]$$

Figura 3.13 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



$$\mathrm{M_{máx}} = 8015[\mathrm{kgf} - \mathrm{mm}]$$

El diámentro del eje se obtiene con la ecuación 3.5 se asume un factor de seguridad de n=2.5; considerando que el eje soporta la carga de la canasta y del equipo ha elevarse

$$d = \left[\frac{32(2,5)}{\pi(250\text{Mpa})}((80,15\text{N} - \text{m})^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}} \therefore\rightarrow d = 0,0201[\text{m}] = 20,13[\text{mm}]$$

3.1.4.2. DISEÑO DEL EJE A FATIGA

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' \quad [27] \qquad \text{Ec. (3.9)}$$

Donde:

s_e →Limite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

s_e' →Límite de resistencia a la fatiga de la muestra de la viga rotatoría

k_a → Factor de superfie

k_b → Factor tamaño

k_c → Factor de confiabilidad

k_d → Factor de temperatura

k_e → Factor modificación por concenración de esfuerzo

k_f → Factor de efecto diversos

3.1.4.3. ACERO PARA EJES

Características del acero AISI-SAE 1045 (UNS G10450) de acuerdo a la ASTM A 108:

Es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarias en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por

su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria, tiene las siguientes propiedades

- Dureza 163 HB (84 HRb)
- Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)
- Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
- Elongación 16% (en 50 mm)
- Reducción de área (40%)
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 ksi)
- Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)
- Densidad 7.87 g/cm3 (0.284 lb/in3)

Los usos principales para este acero son piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

Factor de superfie

k_a Se obtiene con la siguiente ecuación

$$k_a = aS_{ut}{}^b$$

Donde las constates a, b se escogen de acuerdo a la siguiente **tabla 3.2**

Tabla 3.2 Valores de las constantes.

Acabado de superficie	Factor a		Exponente
	S_{ut} ,kpsi	S_{ut}, Mpa	b
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado estirado en frío	2,7	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
forjado	39,9	272	-0,995

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. VI; pág. 280

Para acero maquinado o estirado en frio con un esfuerzo último de 565 MPa se tiene lo siguiente (ver tabla 3.2)

$$k_a = aS_{ut}{}^b = 4{,}51(565)^{-0{,}265} = 0{,}841$$

Factor tamaño

k_b Se obtiene mediante:

$$k_b = \begin{cases} (d/0{,}3)^{-0{,}107} = 0{,}879d^{-0{,}107} & 0.11 \leq d \leq 2\,\text{in} \\ 0{,}91d^{-0{,}157} & 2 \leq d \leq 10\,\text{in} \\ (d/7{,}62)^{-0{,}107} = 1{,}24d^{-0{,}107} & 2{,}79 \leq d \leq 51\text{mm} \\ 1{,}51d^{-0{,}157} & 51 \leq d \leq 254\text{mm} \end{cases}$$

Se toma el diámetro obtenido en el análisis estático $d = 20{,}13\ \text{mm}$

$k_b = 1{,}24(20)^{-0{,}107} = 0{,}879$

Factor de confiabilidad

k_c El factor de confiabilidad permite diseñar al elemento de manera que tenga una vida deseada con una determiada confiabilidad. En la **tabla 3.3** se indican los factores de confiabilidad.

Tabla 3.3 Factores de confiabilidad de acuerdo al porcentaje de confiabilidad.

Confiabilidad, %	Transformación variable, Za	Factor de confiabilidad, kc
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702
99,999	4,265	0,659
99,9999	4,753	0,62

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. VI; pág. 280

Se asume una confiabidad de 99,99%, está es la mas usada para el diseño de ejes, con lo cual se tiene un factor de confialidad de k_c =0,702

Factor de temperatura

$$k_d = \begin{cases} 1 & T \leq 480\ °C\ (840°F) \\ 1 - 5.8(10^3)(T - 450) & 450°C \leq T \leq 550°C \\ 1 - 3.2(10^3)(T - 840) & 840°C \leq T \leq 1220°C \end{cases}$$

k_d Se considera temperatuta ambiente por lo tanto se tiene un factor $k_d = 1$

Factor de modificación por concentración de esfuerzo

$k_e = 1$ No existe ninguna cambio de sección en el eje.

Factor de efectos diversos

$$K_f = \frac{\text{límite de fatiga de probetas sin discontinuidades}}{\text{límite de fatiga de probetas con discontinuidades}}$$

$$k_e = \frac{1}{k_f}$$

Sensibilidad a la ranura (muesca) q se defiene por la ecuación:

$$q = \frac{k_f - 1}{k_t - 1}$$

Donde :

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \qquad k_f = 1 \qquad \text{Ec. (3.10)}$$

$q = 0$ No hay sensibilidad en la ranura, por tanto en la Ec 3.15

$$S_e' = 0{,}5S_{ut} \qquad \text{Ec. (3.11)}$$

En la ecuación 3.9 se remplaza los valores obtenidos

$$S_e = (0{,}841)(0{,}879)(0{,}702)(1)(1)(1)\big(0{,}5(565\text{MPa})\big); \ \therefore S_e = 146{,}602 \text{ MPa}$$

Mediante la ecuación de Soderberg se obtiene el diámetro con un factor de seguridad para el eje de n=2.2, ya que la falla de este eje imposibilita el funcionamiento del equipo.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \qquad \text{Ec. (3.12)}^{[21]}$$

$$d = \left\{ \frac{32(2.2)}{\pi} \left[\left(\frac{0}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{80{,}15 \text{ N} - \text{m}}{146{,}602\text{x}10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \therefore \rightarrow d = 0{,}02305[\text{m}] = 23{,}05 \text{ [mm]} = 25 \text{ [mm]}$$

3.1.5. SELECCIÓN DEL CABLE [21]

Los cables metálico se fabrican de dos tipos de arrollamiento:

En el torcido normal que es estandar los alambres están torcidos en un sentido para formar cordones o torones, y estos se tuercen en sentido contrario para

formar el cable. En el cable terminado los alambre quedan visibles paralelos al eje geométrico del cable. En estos cables de torcido normal no se forman dobleces ni se destuercen y son faciles de manejar. Los cables de torcido Lang tiene alambres en cada torón y los torones del cable torcidos en el mismo sentido. Por fuerza, los alambres se ven en dirección diagonal a traves del cable.

Este tipo de cables es más resistente al desgaste por abrasión y la falla por fatiga que los de torsión normal, pero tienen mas tendencia a formar dobleces y destorcerse.Los cables estandar se hacen con alma de cámaño, que soporta y sirve para libricar torones. Cuando los cables estan sometidos a calor deben utilizarse los de centro de acero o de centro de torón de alambre.

Los cables metalicos se designan por ejemplo como cable de arratre de 1 1/8 pulg 6x7. El primer número es el diámetro del cable, el segundo y el tercero son el número de torones y el número de alambres en cada torón, respectivamente.

Cuando un cable metálico pasa alrededor de una polea se produce cierto acomodo de los elementos. Cada uno de los alambres y torones debe deslizar uno sobre otro y presumiblemente ocurre alguna flexión. Es probable que esta acción compleja se produzca cierta concentración de esfuerzos. El esfuerzo en uno de los alambres de un cable que pasa por la polea puede cálcularse en la forma siguiente:

$$M = EI/r \quad y \quad M = \sigma l/c$$

Despejando M se tiene

$$\sigma = \frac{Ec}{r}$$

Donde:

$E \rightarrow$Modulo de elasticidad del cable , $[GPa]$

$I \rightarrow$Momento de inercia de la sección del cable, $[mm^4]$

$r = \frac{D}{2} \rightarrow$ Radio de curvatura, $[mm]$ (puede sustituirse por el radio de la polea)

$c = \frac{d_w}{2} \rightarrow$, $[mm]$

$d_w \rightarrow$ Diametro del alambre, $[mm]$

$D \rightarrow$ Diametro del alambre, $[mm]$

Sustituyendo queda: $\sigma = E\frac{d_w}{D}$ $\quad Ec.\,(3.13)$

3.1.5.1. CÁLCULO DEL CABLE METÁLICO

Se debe tener en cuenta la carga estática C_o y el periódo de arranque. Está carga de aceleración corresponde a la fuerza de inercia que vale el producto de la masa m_2 por la aceleración; en consecuencia la tracción del cable esta definida por

$F_1 = C_o + m_2 a_1$ $\quad Ec.\,(3.14)$[22]

$C_o \rightarrow$ Carga estática

$m_1 \rightarrow$ Masa de la carga y de la canasta

$a_1 \rightarrow$ Aceleración hasta que alcance la velocidad nominal, $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$v_f = v_0 + a_1 t$

Se asume un t=0,5 s arranque del motor $a_1 = \frac{v_f - v_0}{t} = \frac{0,7\frac{m}{s}}{0,5s} = 1,4\frac{m}{s^2}$

Con la ecuación 3.14 se obtiene la fuerza F_1

$$F_1 = 229kg\left(9,81\frac{m}{s^2}\right) + 229kg\left(1,4\frac{m}{s^2}\right) = 2338,09\ [N]$$

Se seleciona un diámetro estandar de $9mm = 3/8\ pulg$ acero dulce de arado como se muestra en la **tabla 3.4**

Tabla 3.4 Datos de cables metálicos.

cable	Peso por pie, lbf	Diámetro mínimo de polea, in	Tamaños estándares d, in	Material	Tamaño de los alambre exteriores	Módulo de elasticidad, Mpsi	Resistencia, kpsi +
6x7 arrastre	1,50d2	42d	1/4-1(1/2)	Acero monitor Acero de arado Acero suave	d/9 d/9 d/9	14 14 14	100 80 76

6x19 izaje estandar	1,60d2	26d-34d	1/4-2(3/4)	Acero monitor Acero de arado Acero suave para arado	d/13-d/16 d/13-d/16 d/13-d/16	12 12 12	100 93 80
6x37 Especial, flexible	1,55d2	18d	1/4-3(1/2)	Acero monitor Acero de arado	d/22 d/22	11 11	100 88
8x19 Extra flexible	1,45d2	21d-26d	1/4-1(1/2)	Acero monitor Acero de arado	d/15-d/19 d/15-d/19	10 10	92 80
7x7 de aviación	1,70d2	-	1/16-3/8	Acero resistente a la corrosión Acero al carbono	-	-	124 124
7x9 de aviación	1,75d2	-	1/8-13/8	Acero resistente a la corrosión Acero al carbono	-	-	135 143
19 alambres de aviación	2,1d2	-	1/32-5/16	Acero resistente a la corrosión Acero al carbono	-	-	165 165

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. XVII; pág. 897

De acuerdo a la tabla 3.4 se tiene:

$$d_w = \frac{d}{13} = \frac{3/8}{13} = \frac{3}{104}[\text{in}] = 0{,}733\text{mm}$$

d_w →Diametro de los alambres exteriores, $[\text{mm}]$

$$D_{mínp} = 26d = 26(3/8) = \frac{39}{4}[\text{in}] = 247{,}65[\text{mm}]$$

$D_{mínp}$ → Diámetro mínimo de la polea, $[\text{mm}]$

La tensión en un cable metálico que da el mismo esfuerzo de tensión que la flexión de la polea se llama carga de flexión equivalente F_b la que se determina mediante:

$$F_b = \sigma A_m = \frac{E_r d_w A_m}{D} \qquad \text{Ec. } (3.15)^{[23]}$$

F_b → Carga de flexión equivalente

E_r → Módulo de elasticidad del cable

d_w → Diámetro del alambre

$A_m = 0{,}38d^2$ → Área de metal en cables estándar de izar y arrastre

$D = D_{mínp}$ → Diámetro de la polea

Estos valores se toman de la tabla 3.4

$$F_b = \frac{(12x10^6 psi)\left(\frac{3}{104}\right)0{,}38\left(\frac{3}{8}\right)^2}{\left(\frac{39}{4}\right)} = 1897{,}189\ lbf\ x\frac{1kg}{2{,}2lb} = 862{,}359kgf$$

La cantidad de desgaste que ocurre depende de la presión del cable en la ranura de la polea. Tal presión se conoce como presión de apoyo, una buena estimación está dada por:

$$p = \frac{2F}{dD} \qquad Ec.(3.16)$$

$F = F_1$ → Fuerza de tensión del cable, se obtiene de la ecuación 3.14

d → Diámetro del cable

D → Diámetro de la polea

$$p = \frac{2\left(2338{,}09\ [N]\frac{1kgf}{9{,}8N}x\frac{2{,}2lbf}{1kgf}\right)}{\left(\frac{3}{8}\right)\left(\frac{39}{4}\right)} = 292{,}953\left[\frac{lb}{in^2}\right] = 2{,}064\ [Mpa]$$

En la **tabla 3.5** se muestran las presiones radiales máximas permisibles para cables sobre poleas de acuerdo al material.

Tabla 3.5 Material de la polea.

Material de la Polea					
	Cable	**Madera**	**Hierro fundido**	**Hierros fundidos enfriados**	**Acero al manganeso**
torzal regular:					
6x7	150	300	550	650	1470
6x19	250	480	900	1100	2400
6x37	300	585	1075	1325	3000
8x19	350	680	1260	1550	3500
Torzal lang:					
6x7	165	350	600	715	1650
6x19	275	550	1000	1210	2750
6x37	330	660	1180	1450	330

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. XVII; pág. 899

Las presiones mostradas en la tabla 3.5 son una guía aproximada para el diseño, Con la presión que se obtuvo hacemos una comparación con estas presiones y se observa que la presión de apoyo obtenida permite descartar algunos tipos de poleas, porque su presión admisibles es menor.

Factor de seguridad por fatiga se define por

$$n_f = \frac{F_f - F_b}{F_t} \qquad \text{Ec. (3.17)}$$

Donde;

$F_f \rightarrow$ Tensión permisible a la fatiga cuando el cable se flexiona

$F_t \rightarrow$ Tensión en el lugar donde el cable se flexiona

$F_b \rightarrow$ Carga de flexión equivalente

$$F_f = \frac{\left({}^{p}/_{S_u}\right) S_u dD}{2} \qquad \text{Ec. (3.18)}$$

$S_u \rightarrow$ Resistencia ultima del alambre

$$S_u = 2000 \frac{F}{dD}$$

$$F_t = \left(\frac{W}{m} + wl\right)\left(1 + \frac{a_1}{g}\right) \qquad \text{Ec. (3.19)}$$

Dónde:

$W \rightarrow$ Peso al final del cable (jaula y carga), [lbf]

$m \rightarrow$ Número de cables que soportan la carga

$w \rightarrow$ Peso al final del cable (jaula y carga), [lbf]

$l \rightarrow$ Longitud del cable suspendida, [pies]

$a \rightarrow$ Aceleración/ desaceleración máximas experimentadas, $\left[\frac{pies}{s^2}\right]$

$g \rightarrow$ Aceleración de la gravedad, $\left[\frac{pies}{s^2}\right]$

Remplazando las ecuaciones 3.18; 3.19 y 3.15 en 3.17 queda:

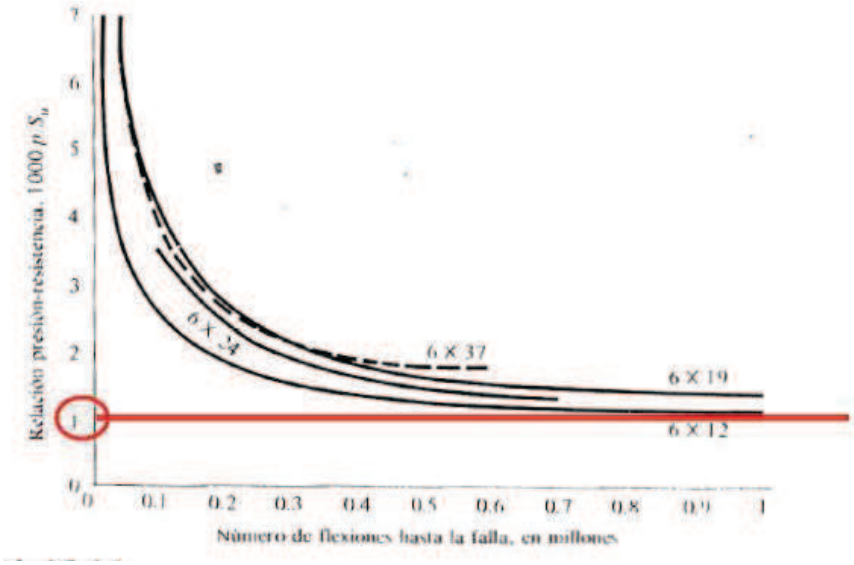
$$n_f = \frac{\frac{\left(p/S_u\right)S_u dD}{2} - \frac{E r d_w A_m}{D}}{\left(\frac{W}{m}+wl\right)\left(1+\frac{a_1}{g}\right)}$$

Se considera un cable de izar a estándar, acero dulce al arado por ser el más usado en el mercado:

$S_u = 175\left[\frac{kg}{mm^2}\right] = 248386{,}6\ [psi]$[24]

De la **figura 3.14** mostrada se considera $\left(\frac{p}{S_u}\right) = 0{,}008.$

Figura 3.14 Relación $\left(\frac{p}{S_u}\right)$.



Fuente: **Fuente:** BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. XVII; pág. 898

$F = 2338{,}09[N] = 514{,}38[lbf]$; $W = 229[kgf] = 503.8[\ lbf]$

$w = 1{,}6d^2\left[\frac{lbf}{ft}\right]$ Ver tabla 3.4

$l = 15\ m + 2{,}5m + 2m = 19{,}5[m]x\frac{1pie}{0{,}3048\ [m]} = 56{,}04[ft]$ Para el cálculo de esta longitud se midió la altura de la terraza 15 metros, se considera la altura de la columna soporte de 2,0 metros y la distancia de la polea al tambor de 2 metros.

$a_1 = 1{,}4\ \left[\frac{m}{s^2}\right]x\frac{1ft = pie}{0{,}3048\ m} = 4{,}593\left[\frac{ft}{s^2}\right]$

$$g = 32{,}2\frac{ft}{s^2}$$

$E_r = 12\ [Mpsi]$; $d_w = \frac{d}{13}$; $D = 26d$ Ver tabla 3.4

Se remplaza los datos para n_f:

$$n_f = \frac{\frac{(0{,}008)(248386{,}6psi)d(26d)}{2} - \frac{(12000000)\frac{d}{13}(0{,}38d^2)}{26d}}{\left(\frac{503{,}8lbf}{m} + \left(1{,}6d^2(56{,}04)\right)\right)\left(1 + \frac{(4{,}593)}{32{,}2}\right)}$$

$$n_f = \frac{25832{,}206d^2 - 13491{,}124d^2}{\left(\frac{701{,}352lbf}{m} + (163{,}92d^2)\right)}$$

En la siguiente **tabla 3.6** se muestra el cálculo de factor se seguridad a fatiga de acuerdo al número de cables

Tabla 3.6 Factor de seguridad a la fatiga.

	nf							
	m=1	**m=2**	**m=3**	**m=4**	**m=5**	**m=6**	**m=7**	**m=8**
d(in)	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0625	0,069	0,137	0,206	0,274	0,342	0,410	0,478	0,546
0,1875	0,614	1,217	1,811	2,396	2,971	3,537	4,095	4,644
0,25	1,084	2,137	3,161	4,156	5,125	6,067	6,984	7,878
0,3125	1,680	3,287	4,825	6,298	7,712	9,068	10,372	11,624
0,375	2,396	4,644	6,757	8,748	10,626	12,401	14,081	15,674
0,5	4,156	7,878	11,229	14,263	17,022	19,543	21,855	23,982
0,625	6,298	11,624	16,187	20,139	23,596	26,645	29,355	31,778
0,75	8,748	15,674	21,295	25,947	29,861	33,199	36,081	38,593
0,875	11,427	19,843	26,298	31,408	35,552	38,981	41,865	44,324
1	14,263	23,982	31,031	36,377	40,570	43,948	46,726	49,053

El libro de diseño de elementos de máquinas de Shigley 8va Edición, recomienda un factores mínimos de seguridad para cables de acero (ver anexo A-2); para elevadores manuales nos da un factor mínimo de $n = 5$. Bajo esta restricción se descarta algunos tipos de cables; se elige el cable con menor diámetro 0,3125 pulgadas; m=4 y factor de seguridad n=6,298

3.1.6. NORMA DIN 4130

Para el cálculo del diámetro del cable

$$d = k\sqrt{S} \qquad \text{Ec. (3.20)} \ [25]$$

$d \rightarrow$ Diámetro del cable, [mm]

$k \rightarrow$ Coeficiente según la tabla 3.8

$S \rightarrow$ Tracción sobre un ramal del cable, [kgf]

$$S = F = F_1 = 233{,}809\text{kgf}$$

En la **tablas 3.7; 3.8** se indica la clasificación de los cables para máquinas de elevación los factores de seguridad para polea y tambor

Tabla 3.7 Clasificación de los cables (norma DIN 4130).

Grupo	*Frecuencia de movimiento*	*Importancia de la carga*
I	Movimiento de precisión	Sin precisar
II	Movimiento poco frecuente	Raramente plena carga
III	Movimiento frecuente	Raramente plena carga

Tabla 3.8 Factores de seguridad y coeficiente k y c extraído (DIN 4130).

Grupo	*Cable*		*Tambor c*	*Polea c*	*Polea de compensación*
	Valores de ν para 160 kg/mm²	*k*	*Para cables de 160 y 180 kg/mm²*		
I	5,5 a 6	0,30 a 0,32	5 a 6	5,5 a 7	4,5 a 5
II	5,5 a 6	0,30 a 0,32	6 a 7	7 a 8	4,5 a 5
III	6 a 7	0,32 a 0,34	7 a 8	8 a 10	5 a 6
IV	7 a 8	0,34 a 0,37	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5
V	8 a 9,5	0,37 a 0,40	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5

Fuente: Norma DIN 4130

Se escoge movimiento frecuente y raramente a plena carga tabla 3.7 con estos valores en la tabla 3.8 y tomamos un k=0,34, esto se usa la ecuación 3.20 y se obtiene el diámetro.

$$d = (0{,}34)\sqrt{(233{,}809\text{kgf})} = 5{,}2\ [\text{mm}]$$

El diámetro es menor al obtenido en el análisis anterior pero se toma el valor del diámetro del alambre de 0,315 pulgadas = (5/16 in)=7,94 mm= 8 mm

3.1.7. DISEÑO DE LA POLEA [26]

Las poleas se pueden hacer en fundición, acero moldeado o en construcción soldada. Las poleas de fundición de pequeñas dimensiones son de alma llena, las mayores tiene cuatro a seis brazos y vaciados entre los mismos, de forma parecida a las poleas de transmisión. De todos modos se debe verificar las fatigas de trabajo del eje y aumentar el agujero del eje de la polea si fuera necesario, a continuación en las **figuras 3.15 y 3.16** se indican las medidas relevantes para la diseñar poleas.

Figura 3.15 Perfil normal de gargantas.

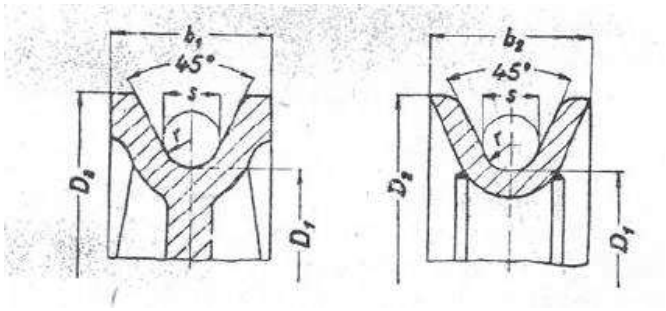
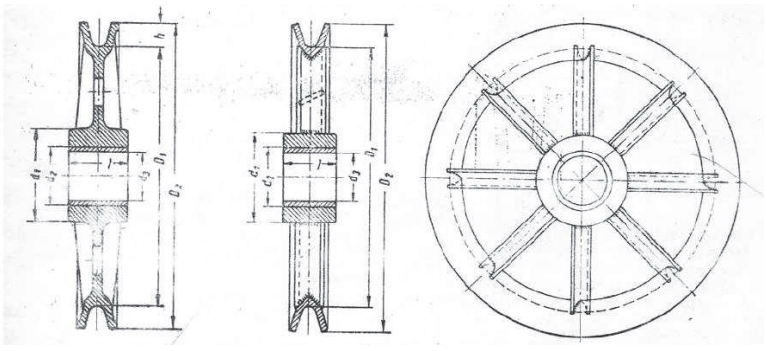


Figura 3.16 Polea de fundición y en construcción soldada.



El diámetro de la polea se lo obtiene usando la tabla 3.4

$$D = 26d = 18(0{,}3125\ \text{in}) = 8{,}125\ [\text{in}] = 142{,}875\ [\text{mm}]$$

Usando la norma DIN 4130

$$D = c\sqrt{S} \qquad \text{Ec. (3.21)}$$

Dónde:

$D \rightarrow$ Diámetro de la polea,$[mm]$

$c \rightarrow$Es una constante y se la obtiene de la tabla 3.8 c=9

$$D = (7)\sqrt{233{,}809} = 107{,}04\ [mm]$$

Es un diámetro algo menor al obtenido con el análisis en todo caso se verificara que el diámetro de nuestra polea este dentro del rango de las dos respuestas; usando la ecuación 3.16 se obtiene la presión en la garganta de la polea:

$$p = \frac{2F}{dD} = \frac{2(701{,}485lbf)}{\left(\frac{5}{16}\right)\left(18\left(\frac{5}{16}\right)\right)} = 798{,}134\left[\frac{lbf}{in^2}\right] = 5{,}503[Mpa]$$

Tabla 3.9 Presiones permisibles en poleas (psi).

	MATERIAL				
CABLE	MADERA[a]	HIERRO FUNDIDO[b]	ACERO FUNDIDO[c]	HIERROS FUNDIDOS EN FRÍO[d]	ACERO AL MANGANESO[e]
Torzal regular					
6 × 7	150	300	550	650	1470
6 × 19	250	480	900	1100	2400
6 × 37	300	585	1075	1325	3000
8 × 19	350	680	1260	1550	3500
Torzal Lang					
6 × 7	165	350	600	715	1650
6 × 19	275	550	1000	1210	2750
6 × 37	330	660	1180	1450	3300

[a] En grano de extremo de madera de haya, nogal americano o de goma.

[b] Para H_B (min.) = 125.

[c] 30-40 al carbono; H_B (min.) = 160.

[d] Úsese sólo con dureza superficial uniforme.

[e] Para altas velocidades con poleas balanceadas que tengan superficies rectificadas (o esmeriladas).

Fuente: *Wire Rope Users Manual*, AISI, 1979.

Fuente: es.scribd.com/doc/47045732/poleas-y-cables

3.1.8. POLIPASTO ELÉCTRICO

3.1.8.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA [20]

El cálculo de la potencia necesaria para el elevador de carga se lo realiza tomando en cuenta la potencia necesaria para el funcionamiento de una ascensor y depende de los siguientes factores:

- Carga no equilibrada por el contrapeso
- Velocidad de regimen
- Todo esto se refiere al funcionamiento de la velocidad del regimen, pero ademas hay que tener en cuenta la potencia necesaria para el arranque y la aceleración hasta alcanzar la velocidad del regimen.

La potencia teórica del motor obedece a la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q\,v}{75\,n} \qquad \text{Ec. (3.22)}$$

Siendo:

$v \rightarrow$ Velocidad $[m/s]$

$Q \rightarrow$ La carga no equilibrada

$n \rightarrow$ Rendimiento global que varia $0{,}45$ a $0{,}6$

Se determina la carga no equilibrada

$$Q_T = Q_b + Q_u \; ; \qquad Q_C = \frac{Q_u}{2} + Q_b ; \qquad Q = Q_T - Q_c$$

Donde:

$Q \rightarrow$ Carga no equilibrada

$Q_T \rightarrow$ Peso total de la canasta más la carga

$Q_b \rightarrow$ Peso de la canasta

$Q_c \rightarrow$ Peso del contapeso o peso que absorbe la estructura

$Q_u \rightarrow$ carga útil (peso de la carga)

$$Q_C = \frac{200[\text{kgf}]}{2} + 29[\text{kgf}] = 129[\text{kgf}]$$

$$Q = Q_T - Q_c = 229[\text{kgf}] - 129[\text{kgf}] = 100[\text{kgf}]$$

En la **tabla 3.10** se indica cuales son las característica constructivas para elevación.

Tabla 3.10 Características constructivas de los grupos tractores.

Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad y tráfico de aplicaciones		
Clase de instalación	**Velocidad del régimen m/s**	**Grupo tractor**
Edificios y vivienda bajos	Hasta 0.70 m/s	Con reductor y motor asíncrono de una velocidad
Edificios de viviendas altos y oficinas	Desde 0,70 a 1 m/s	Con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de oficinas comerciales, hospitales (montacamillas)	Desde 1 a 2,5 m/s	Con reductor y variador de frecuencia o motor de corriente continua con convertidor c-a
Edifcios de oficinas y comerciales con tráfico intenso	Mayor de 2,5 m/s	Tracción directa y con variador de frecuencia
Almacenes y talleres montacargas o elevadores mixtos de grandes cargas, y a veces montacamillas de hospitales	Hasta 0,7 m/s	Con reductor de motor asíncronico de una a dos velocidades o con variador de frecuencia

Fuente: MIRAVETE, Antonio; LARRODÉ, Emilio; Elevadores: Principios e Innovaciones; Editorial REVERTE; Año 2007; Cap. 2; pág. 71, 82

Mediante esta tabla se estima la velocidad para nuestro elevador que será de v= 0,7 m/s se considera un rendimiento del sistema de $\eta = 0{,}4$

Con la ecuación 3.22 se calcula la potencia en CV

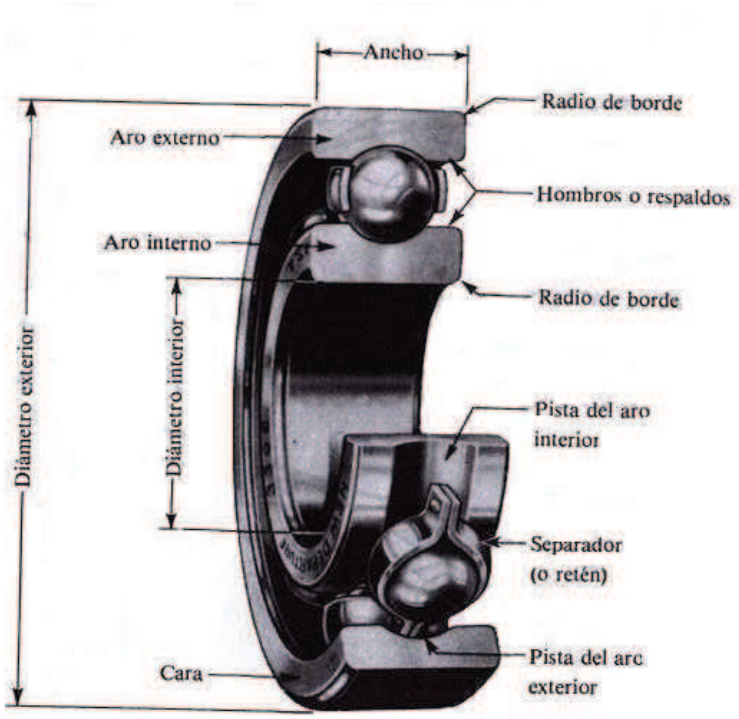
$$P = \frac{(100)\left(0{,}7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{75\ (0{,}4)}\ [\text{CV}] = 2{,}33[\text{CV}]\text{x}\frac{0{,}736\ \text{kW}}{1\ \text{CV}} = 1{,}717[\text{kW}]\text{x}\frac{1{,}34\text{hp}}{1\text{kW}} = 2{,}3[\text{hp}]$$

Se tiene una potencia de alrededor de 2,3 hp = 1700 watts

3.1.9. SELECCIÓN DE RODAMIENTO

Para el caso se toma en cuenta que el rodamiento estará sometido a ha carga radial. En la **figura 3.17** se indica cada una de las partes de un rodamiento.

Figura 3.17 Partes del rodamiento.



Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. XI; pág. 551

Conviene definir la carga radial equivalente F_e que que tenga el mismos efecto en el cojinete que la cargas aplicadas.

$$F_e = VF_r \; ; \quad f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

$$P_o = F_e = XV\,F_r + YF_a \qquad \text{Ec. (3.23)}$$

En las cuales

$F_e \rightarrow$ Carga axial equivalente

$F_r \rightarrow$ Carga radial aplicada

$F_a \rightarrow$ Carga de empuje aplicada

$X \rightarrow$ Factor radial

$V \rightarrow$ Factor de rotación

$Y \rightarrow$ Factor de empuje

$C_o \rightarrow$ Capacidad de carga estática

$P_o \rightarrow$ Carga estática equivalente

$f_s \rightarrow$ Factor de esfuerzos estáticos

De acuerdo al catalogo de la FAG (anexo A-3) el valor de C_o viene especificado en las tablas de cada rodamiendo.

f_s = 1,5 ... 2,5 para exigencias elevadas

f_s = 1,0 ... 1,5 para exigencias normales

f_s = 0,7 ... 1,0 para exigencias reducidas

En la aplicación de estas formulas el factor de rotación sirve para corregir las diversas condiciones del anillo rotatorio. Los factores X y Y depende de la configuración geometrica del cojinete, del número de bolas y del diámetro de estas; el diametro interior del rodamiento sera de 25 mm ya que la reducción de sección del eje del tambor es de 2,5 mm.

La fueza axial sera igual a la tension que el cable ejerce sobre el tambor que es de 229 kgf; las rpm del eje son de alrededor de $w = 33{,}42[\text{rpm}]$. Con la ecuación 3.23 se obtiene la carga estática equivalente:

V=1 por que se trata de un anillo interior rotatorio; X=1 De contacto axial

$$P_o = F_e = (1)(1)\ (229 * 9{,}81) + (0)(0) = 2244{,}2\ \text{N}$$

En la siguiente **tabla 3.11** se muestran algunos factores de la ecuación 3.23 de acuerdo al tipo de cojinete

Tabla 3.11 Factores de carga equivalente.

Tipos de cojinetes de bolas	X_1	Y_1	X_2	Y_2
De contacto radial	1	0	0,5	1,4
De contacto angular con ángulo suave	1	1,25	0,45	1,2
De contacto angular con ángulo fuerte	1	0,75	0,4	0,75
Con doble fila y duplex (DB o DF)	1	O,75	0,63	1,25

Fuente: SHIGLEY, Joseph; Manual de Diseño Mecánico; Tomo I; 4ta Edición; cap. 11 pág. 525

$$P_o = F_e = 2244{,}2\ [\text{N}]$$

Se elige un rodamiento rígido de bolas con una hilera las característica se muestran en el anexo A-3 C_o=5,81kN

$f_s = \frac{5{,}81\ [\mathrm{kN}]}{2{,}244[\mathrm{kN}]} = 2{,}59$ Esta dentro del rango para cargas elevadas.

3.1.10. SELECCIÓN DE LA GANCHO

El gancho va ha soportar la canasta y la carga ha elevarse $229\ [\mathrm{kgf}] = 2244.2\ [\mathrm{N}]$, de los diferente tipos de ganchos que existen el en mercado se escoge el que cumpla:

- Con la carga requerida
- Que el gancho no sea giratorio
- Que tenga un lengüeta de seguridad
- Fácil de removerse en caso de que se quiera separarlo del cable

Los ganchos tipo ojo son los que se ajusta a los requerimentos por lo tanto estos se muestran la la siguiente **tabla 3.12**

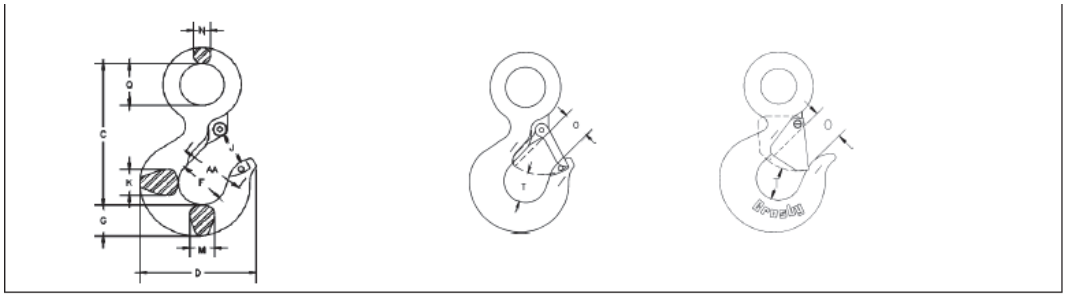
Tabla 3.12 Carga limite de trabajo para ganchos tipo ojo.

Carga Límite de Trabajo (t)*		Identifi-cación del gancho	Gancho Ojo No. de parte			Peso de c/u (lbs.)	Seguro de reemplazo		
Carbono	Aleación		Carbono S-320C S.C.	Carbono G-320C Galv.	Aleacion S-320A S.C.		S-4320 No. de parte	PL No. de parte	SS-4055 No. de parte
3/4†	1 †	D	1022200	1022208	1022375	.61	1096325	-	-
1†	1-1/2 †	F	1022211	1022219	1022386	.89	1096374	-	-
1-1/2†	2 †	G	1022222	1022230	1022397	1.44	1096421	-	-
2†	3 †	H	1022233	1022241	1022406	2.07	1096468	-	-
3†	5 †	I	1022244	1022249	1022419	4.30	1096515	-	-
5†	7 †	J	1022255	1022262	1022430	8.30	1096562	-	-
7-1/2†	11 †	K	1022264	1022274	1022441	15.00	1096609	-	-
10†	15 †	L	1022277	1022285	1022452	21.60	1096657	-	-
15†	22 †	N	1022288	1022296	1022465	39.50	1096704	-	-
20	30	O	1023289	-	1023546	60.00	-	1093716	1090161
25	37	P	1023305	-	1023564	105.00	-	1093717	1090189
30	45	S	1023323	-	1023582	148.00	-	1093718	1090189
40	60	T	1023341	-	1023608	228.00	-	1093719	1090205

Fuente: www.iph.com.ar/descargas/Ganchos_ydestorcedores.pdf

Se escoge el primer gancho que sera suficiente para que soporte la carga de 229 kgf. Las medidas de identificación se muestran en la siguiente **tabla 3.13**

Tabla 3.13 Medidas para el gancho seleccionado.



Identificación del gancho^	Dimensiones (plg)											
	C	D	F	G	J	K	M	N	O	Q	T	AA
D	3.34	2.86	1.25	.73	.90	.69	.63	.36	.89	.75	.87	1.50
F	3.81	3.11	1.38	.84	.93	.71	.71	.42	.91	.91	.98	2.00
G	4.24	3.55	1.50	1.00	.99	.88	.88	.55	1.00	1.13	1.03	2.00
H	4.84	3.97	1.63	1.13	1.15	.94	.94	.58	1.09	1.29	1.16	2.00
I	5.91	4.87	2.00	1.44	1.52	1.31	1.31	.72	1.36	1.56	1.53	2.50
J	7.51	6.27	2.50	1.81	1.75	1.66	1.66	.90	1.61	2.03	1.96	3.00
K	9.16	7.50	3.00	2.25	2.41	1.88	1.63	1.11	2.08	2.44	2.47	4.00
L	10.19	8.37	3.25	2.57	2.62	2.19	1.94	1.27	2.27	2.84	2.62	4.00
N	12.82	10.34	4.25	2.97	3.41	2.69	2.38	1.56	3.02	3.50	2.83	5.00
O	14.06	13.62	5.00	3.62	4.00	3.00	3.00	1.75	3.25	3.50	3.44	6.50
P	18.19	14.06	5.38	4.56	4.25	4.00	3.19	2.00	3.00	4.50	3.88	7.00
S	20.12	15.44	6.00	5.06	4.75	4.50	3.25	2.18	3.38	4.94	4.75	8.00
T	23.72	18.50	7.00	6.00	5.75	5.50	3.91	2.53	4.12	5.69	5.69	10.00

Fuente: www.iph.com.ar/descargas/Ganchos_ydestorcedores.pdf

3.1.11. SELECCIÓN DEL SUJETA-CABLES

El sujeta-cables permitirá mantener unido el cable al gancho y evitará su deslizamiento; en la **figura 3.18** se muestra un tipo de sujeta cables el cual se usará.

Figura 3.18 Grapas forjadas para cables.

El sujeta-cables esta sujeto al gancho que soporta un carga total de 229 kgf; a continucación se presenta un tabla que permite seleccionar un sujeta cables de acuerdo a la carga y al diámetro del cable obtenido anteriormente. El factor de seguridad recomendado para los sujeta cables es de n=2,5 o mayores valores y se seleciona de acuedo a la **tabla 3.14** que se muestra a continuación.

Tabla 3.14 Numero para sujeta cables.

N.°	Diámetro cable (mm)	Capacidad (kg)		
		Un sujetacables	Dos sujetacables	Tres sujetacables
1	4-7	500	1 000	1 500
2	8-11	925	1 850	2 775
3	12-15	1 320	2 640	3 960
4	16-18	2 340	4 680	7 020
5	19-22	3 930	7 860	11 790
6	23-27	5 880	11 760	17 640
7	28-33	8 160	16 320	24 480
8	34-39	10 740	21 480	32 220

Fuente:DIN 4130

Se elige el sujeta cables N°2 con una capacidad de 925 kgf con un diámetro $8 \leq d \leq 11$

Factor de seguridad

$n = \frac{F_{adm}}{Carga} = \frac{925\ [kgf]}{229\ [kgf]} = 4{,}04$ Este es un valor que supera al valor recomendado por esto se escoge el sujeta cables N° 2. En la tabla de abajo se pueden ver los valores del par de apriete en relación con el diámetro del cable.

Tabla 3.15 Numero para sujeta cables.

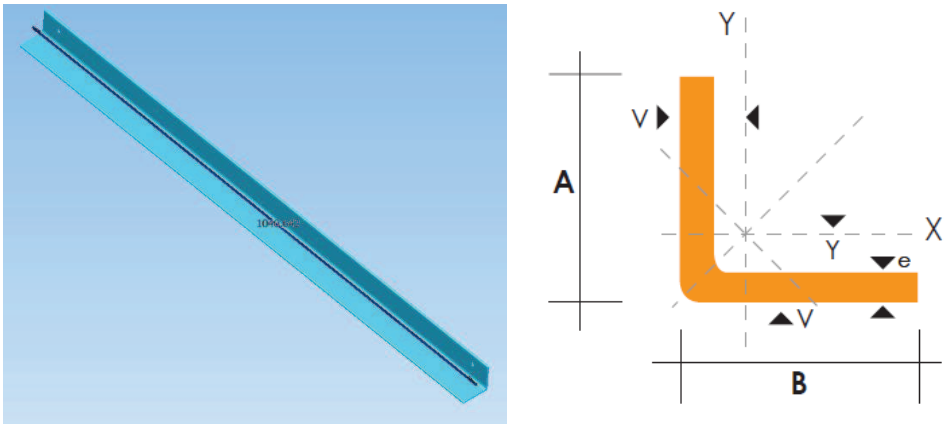
diámetro cable	n° min. de sujetacables recomendado	par de apriete	par de apriete
mm		Nm	Ft.Lbs
5	3	2	1.5
6.5	3	3.5	2.6
8	4	6	4.4
10	4	9	6.6
12	4	20	14.8
13	4	33	24.3
14	4	33	24.3
16	4	49	36
19	5	68	50
22	5	107	79
26	5	147	108
30	6	212	156
34	6	296	218
40	6	363	268

Fuente: Según EN 13411-5 tipo A

3.1.12. SELECCIÓN DE PERFILES “L”

Los perfiles se añaden para evitar el movimiento de lo perfiles cuadrados. La forma en la que se distrubuyen es de la misma manera como las estructuras para formar un solo cuerpo rigido. En la siguiente **figura 3.19** se muestra el perfil selecionado.

Figura 3.19 Perfil tipo “L”.



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

Las propiedades se toman de la tabla de perfiles estructurales, angulos tipo “L” doblado anexo 4, de aquí se toma la sección $A = 2{,}85\ cm^2$

$$\sigma = \frac{521\,,86\ kgf}{2{,}85\ cm^2} x\ \frac{10\ N}{1\ kgf} x \frac{1}{\frac{1m^2}{100^2\ cm^2}} = 59508.77\left[{}^{N}/_{m^2}\right] = 18{,}331[MPa] = \sigma_{máx}$$

$$n = \frac{S_y\ [MPa]}{\sigma_{máx}[MPa]} >> 1$$

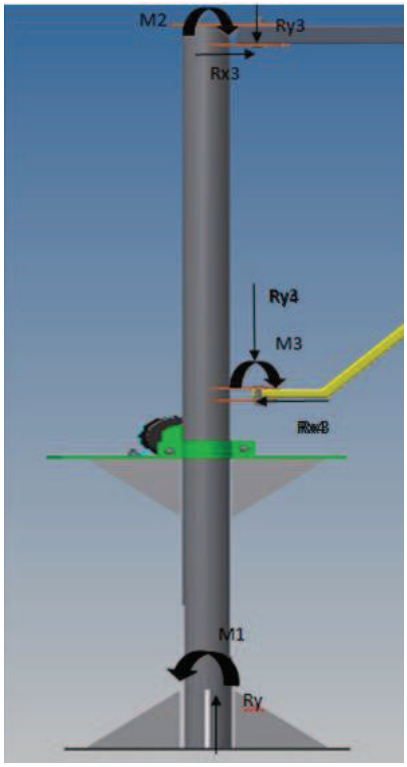
3.2. SISTEMA FIJO

3.2.1. DISEÑO DE LA COLUMNA

Obtenidas las reacciones que actúan sobre la columna, se precede a obtener las dimensiones del perfil para el cual se satisface un factor de seguridad mayor que uno. La longitud de la columna es la que permita elevar la carga por sobre el bordillo de la terraza y ubicar la carga dentro de esta; el bordillo mide 1

m aproximadamente; la altura de la canasta es de 0,75 m y se considera uno 0,2 m de holgura para hacer girar la carga; con lo cual se tiene 2,0 m de longitud. Se estima también la carga crítica en la columna para verificar que no pandeará debido a la carga. Se prefiere perfil circular porque este ocupa menos espacio en la misma área si se los compara con los perfiles en I; H; W o rectangulares; además son más resistentes a pandeo en menor espesor. En la **figura 3.20** se indica el diagrama de fuerzas de la columna.

Figura 3.20 Diagrama de fuerzas de la columna.



Los valores de las reacciones y momentos ya se obtuvieron en el análisis del brazo y el apoyo del brazo

$$\sum F_x = 0 \ \rightarrow_+$$

$$-R_{j_x} = -R_{x_3} = 1643{,}1[\text{kg}]; R_{b_x} = R_{x_4} = 1990{,}9\ [\text{kg}]$$

$$\sum F_y = 0 \ \uparrow_+$$

$$-R_{y_4} - R_{y_3} - mg_6 + R_y = 0$$

$$R_y = R_{y_3} + R_{y_4} + mg_6 = -650{,}1 + 1080{,}14 + mg_6 = 430{,}04 + mg_6\ [\text{kgf}]$$

Donde

$mg_6 = 27\ [kgf]$ El peso de la columna; tomado del programa Autodesk Inventor

$R_y = 457{,}04\ [kgf]$

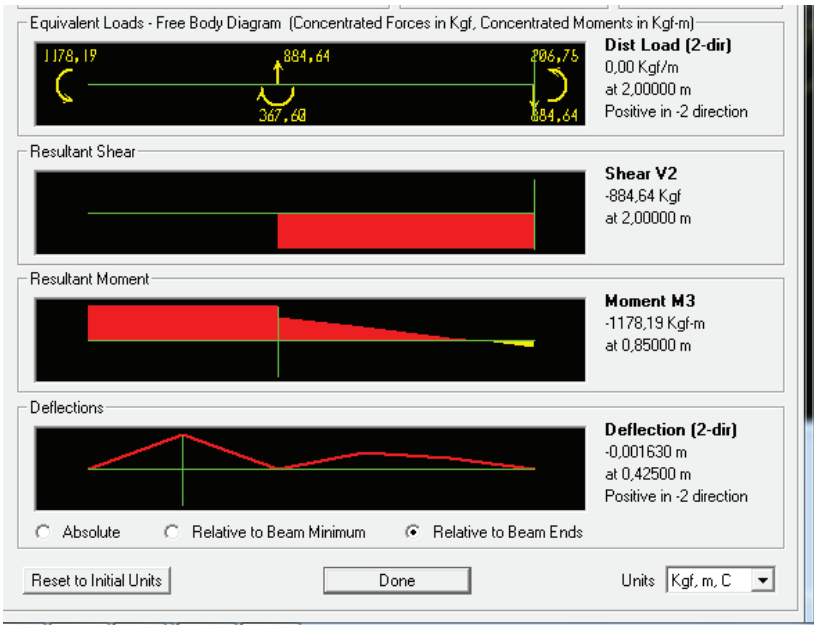
$\sum M_A = 0\ \circlearrowleft_+$

$M_1 - (650{,}1\ x\ 0{,}17) + (1080{,}14\ x0{,}17) + 1990.9\ kgf\ (0{,}945\ m) - 1643{,}1\ (1{,}8\ m)$

$M_1 = 1003{,}1\ [kgf - m]$

En la **figura 3.21** indica el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

Figura 3.21 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



El momento de inercia respecto xx, yy se cálcula de mediante la ecuación:

$$I = \frac{1}{64}\left(D_e{}^4 - D_1{}^4\right) \qquad \text{Ec. (3.24)}$$

Donde:

D_e →Es el diametro exterior, $[mm]$

D_i →Es el diametro interior, $[mm]$

I_{yy}→Momento de inercia respecto al eje y,$[mm^4]$

El módulo de la sección se cálcula mediante la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{1}{32D_e}\left(D_e^4 - D_i^4\right) \qquad \text{Ec. (3.25)}$$

Donde:

Z →Modulo de la sección respecto al eje y, $[mm^3]$

Se considera un perfil estructural ASTM A-36, con las características mostradas en la tabla 3.16

$I = \frac{\pi}{64}(127^4 - 117^4) = 3571397{,}8\ mm^4$; $Z = \frac{\pi}{32(127)}(127^4 - 117^4) = 56242{,}48 mm^3$

3.2.1.1. ESFUERZO DE FLEXIÓN MÁXIMA

Se cálcula mediante la ecuación:

$$\sigma_{máx} = \frac{R_{x_4} + mg_6}{\frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2)} + \frac{M_{máx}}{Z_{xx}} \qquad \text{Ec. (3.26)}$$

Donde:

c →Distancia del eje y a la fibra más externa, [mm]

$$\sigma_{máx} = \frac{1643{,}1 + 27\ kgf}{\frac{\pi}{4}(127^2 - 117^2)mm^2} + \frac{1178{,}19x1000(kgf - mm)}{(56242{,}48)mm^3}$$

$$\sigma_{máx} = 0{,}071 + 20{,}95 = 21{,}02\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$$

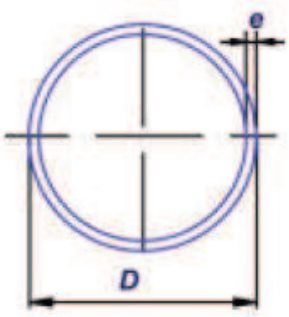
Factor de seguridad

Se cálcula con la ecuación 3.2

$$n = \frac{25{,}36\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]}{21{,}02\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]} \qquad n = 1{,}22$$

Se selecciona el perfil circular ASTM A-36, de acuerdo al factor de seguridad más adecuado, para el caso es el que se colorea en la tabla 3.16. La longitud considerada del perfil circular sera de 2,0 [m], el tipo de perfil que se selecciona es mostrado en la **figura 3.22.**

Figura 3.22 Sección transversal, perfil estructural redondo.



Fuente: Tabla de la IPAC

En la **tabla 3.16** se muestran las propiedades de perfil circular

Tabla 3.16 Propiedades del perfil.

DIMENSIONES			PESO	ÁREA	PROPIEDADES		
Diámetro exterior		e	P	A	I	W	i
pulg	mm	mm	Kg/6m	cm^2	cm^4	cm^3	cm
4	101,6	4	57,78	12,26	146,28	28,8	3,45
5	127	4	72,6	15,46	292,61	46,08	4,35
5	127	5	90.0	19,16	357,14	56,24	4,32

Fuente: Tabla de IPAC (ver anexo A -5)

3.2.2. DISEÑO COMO COLUMNA [27]

Las estructuras sometidas a las cargas pueden fallar de diversas maneras dependiendo del tipo de estructura, las condiciones de los soportes, los tipos de cargas y los materiales usados.

3.2.2.1. ESFUERZO CRÍTICO

Después de encontrar la carga crítica para la columna se puede calcular el correspondiente esfuerzo crítico dividiendo la carga entre el área de las sección transversal. Para el caso fundamental de pandeo, el esfuerzo crítico es:

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{AL^2} \qquad \text{Ec. (3.27)}$$

En donde:

I → Es el momento de inercia respecto del cual se presenta el pandeo. $[mm^4]$

$I = 3571397{,}8\ mm^4$

A →Representa el área de la sección transversal, $[mm^2]$

P_{cr} →Carga crítica de pandeo, $[kgf]$

L →Es la longitud de la columna, $[m]$

E →Es el módulo de elasticidad, $\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$

D_e →Es el diámetro exterior, $[mm^4]$

D_i →Es el diámetro interior, $[mm^4]$

Esta ecuación se puede escribir en una forma mas útil introduciendo la notación.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \qquad \text{Ec. (3.28)}$$

Donde

r → Es el radio de giro de la sección transversal del plano de flexión, $[m]$

L/r →Representa la relación de esbeltez

Los valores característicos de las relaciones de esbeltez para columnas reales estan entre 30 y 150, con la ecuación 3.28 se obtiene r:

$A = 1546[mm^2]$ valores tomados de la tabla 3.16

$$r = \sqrt{\frac{3571397{,}8\ [mm^4]}{1916[mm^2]}};\ r = 43{,}17\ [mm]$$

La relación de esbeltez es:

$$L/r = \frac{2000[mm]}{43{,}17[mm]} \rightarrow L/r = 46{,}32$$

$$E = 30000\left[klb/in^2\right] * \frac{in^2}{(25{,}4x10^{-3})^2[m^2]} * \frac{1000lb}{1klb} * \frac{1kgf}{2{,}2lb} = 2{,}114x10^{10}\left[\frac{kgf}{m^2}\right]$$

La carga crítica se la puede calcular

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \qquad \text{Ec. (3.29)}^{[27]}$$

Para columnas empotrada libre

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \left(2.114x10^{10}\,\frac{kgf}{m^2}\right)\frac{3571397,8}{1000^4}}{4(2,0)^2}\,[kgf] = 46571,79\,[kgf]$$

Con la ecuación 3.33 se obtiene

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{46571,79kgf}{19,46cm^2 * \frac{1m^2}{10000cm^2}} = 23932062,94\frac{kgf}{m^2} = 234,534\,[Mpa]$$

Si $P = R_y = 457,04\,[kgf]$ (carga axial) $< P_{cr}$

Se puede establecer que la columna esta en equilibrio estable en posición recta.

3.2.3. DISEÑO DE LA PLACA SOPORTE

El equipo posee cuatro placas soporte, dos para el brazo y dos para apoyo del brazo, se realiza el diseño solo para una de estas y se respeta el espesor que se obtenga para las restantes placas soporte. El ancho de la placa se toma basándose en el diámetro de la columna, mientras que la longitud se lo hace generando el suficiente espacio para que pueda girar libremente el brazo y el apoyo del brazo.

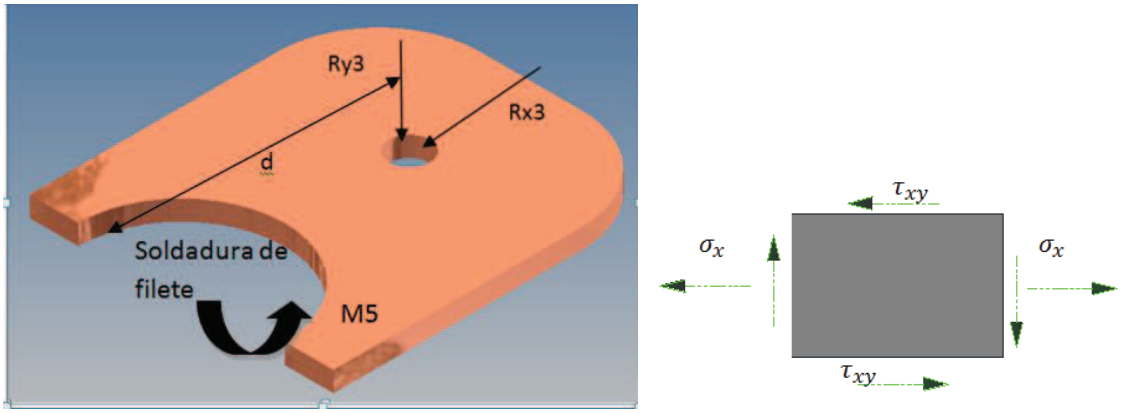
La placa es sometida a fuerzas de compresión, corte y un momento generado en uno de sus extremos gracias a la fuerza cortante, por esto primero se obtendrá esfuerzos de corte y de flexión para con estos conseguir los esfuerzos principales. Asumiendo un espesor de placa se verifica un factor de seguridad adecuado.

Para el diseño de la placa se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Acero A-36
- El ancho y espesor de la placa conocidos $150 \times 250\,mm$ suficiente como para acoplar el brazo y soldar a la columna.

El diagrama de fuerzas para la placa y los esfuerzos que causan, se muestran en la **figura 3.23**

Figura 3.23 Diagrama de fuerzas y esfuerzos en la placa.



$$M_5 = R_{y_3} d \rightarrow M_5 = 650{,}1\ \text{kgf}\,(120\text{mm}) = 78012\ [\text{kgf} - \text{mm}] = 78{,}012\ [\text{kgf} - \text{m}]$$

Esfuerzo de compresión

$$\sigma_{x_1} = \frac{R_{x_3}}{A_p} \qquad \text{Ec. (3.30)}$$

A_p →Área de la sección transversal de la placa, mm^2

$$A_p = at - d_1 t \qquad \text{Ec. (3.31)}$$

Donde:

t →Espesor de la placa, [mm]

a →Ancho de la placa,[mm]

d_1 → Diámetro del agujero en la placa, [mm]

$$\sigma_{x_1} = \frac{1643{,}1\ \text{kgf}}{(150)t - (50)t} = \frac{16{,}431}{t}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Esfuerzo de corte

$$\tau_{xy} = \frac{R_{y_3}}{A_p} \qquad \text{Ec. (3.31)}$$

$$\tau_{xy} = \frac{650{,}1\text{kgf}}{(150)t - (50)t} = \frac{6{,}501}{t}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Esfuerzo de flexión en la placa

$$\sigma_{x_2} = \frac{M_5\left(\frac{t}{2}\right)}{I} \qquad \text{Ec. (3.32)}$$

I →Momento de inercia de la sección transversal de la placa, $[\text{mm}^4]$

$M \rightarrow$ Momento flexionante en la placa, $[kgf - mm]$

$$I = \frac{at^3}{12} \qquad \text{Ec. (3.33)}$$

Donde:

$t \rightarrow$Espesor de la placa, $[mm]$

$a \rightarrow$Ancho de la placa,$[mm]$

$$I = \frac{150t^3}{12}; \rightarrow \qquad \sigma_{x_2} = \frac{78012\left(\frac{t}{2}\right)}{\frac{150}{12}t^3} = \frac{6240,96}{t^2}\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$$

$$\sigma_x = \sigma_{x_1} + \sigma_{x_2}$$

$$\sigma_x = \frac{16,431}{t} + \frac{6240,96}{t^2}\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]$$

Esfuerzos principales

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x+\sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \qquad \text{Ec. (3.34)}$$

Donde:

$$\sigma_y = 0; \qquad \sigma_{1,2} = \frac{\frac{16,431}{t}+\frac{6240,96}{t^2}+0}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\frac{16,431}{t}+\frac{6240,96}{t^2}+0}{2}\right)^2 + \left(\frac{6,501}{t}\right)^2}$$

El esfuerzo cortante máximo se obtiene con la ecuación

$$\tau_{máx} = \pm\sqrt{\left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \qquad \text{Ec. (3.35)}$$

$$\tau_{máx} = \left(\frac{\frac{16,431}{t} + \frac{6240,96}{t^2} + 0}{2}\right)^2 + \left(\frac{6,501}{t}\right)^2$$

El esfuerzo de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2} \qquad \text{Ec. [3.36]}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{\frac{16,431}{t}+\frac{6240,96}{t^2}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{6,501}{t}\right)^2}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \qquad \text{Ec. (3.37)}$$

Donde

σ' → Esfuerzo de Von Mises, [MPa]

S_y →Esfuerzo de fluencia, [MPa]

Se asume el espesor de la placa de 8 mm y se comprueba obteniendo el factor de seguridad con la ecuación 3.37

Ejemplo de cálculo

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{\frac{6{,}431}{8} + \frac{6240{,}96}{8^2}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{6{,}501}{8}\right)^2} = 49{,}8\left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$n = \frac{250\text{MPa}}{49{,}8\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right] * (10)[\text{Mpa}]} = 0{,}52$$

En la siguiente **tabla 3.17** se indice el factor de seguridad de acuerdo a espesor.

Tabla 3.17 Elección del espesor de placa.

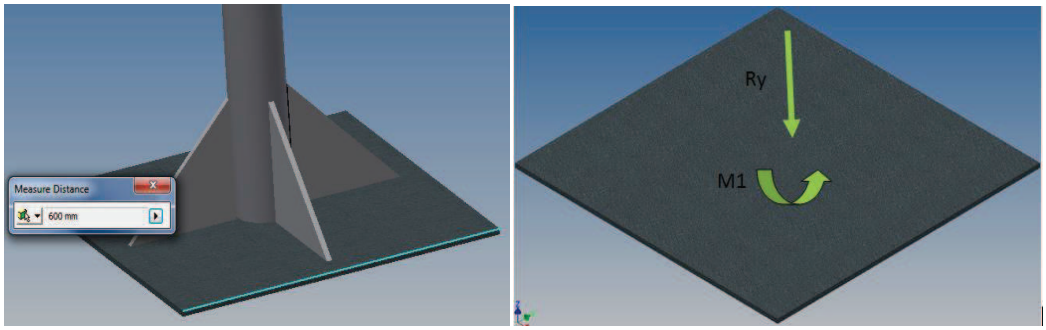
ESPESOR (t)	ESFUERZO DE VON MISES (Kg/mm2)	ESFUERZO DE FLUENCIA (Kg/mm2)	FACTOR DE SEGURIDAD
15	14,436	25	1,732
14	16,527	25	1,513
13	19,116	25	1,308
12	22,374	25	1,117
11	26,556	25	0,941
10	32,046	25	0,780
9	39,457	25	0,634
8	49,804	26	0,522

Por motivos de seguridad se escoge el un espesor de placa de 12 mm con un factor de seguridad de n=1,117

3.2.4. DISEÑO DE LA PLACA BASE

La placa base esta cargada axialmente y tiene una aplicación de momento generado por el brazo. Se considera acero ASTM A-36. Se asume las dimensiones de la placa de 450 x 450 mm, suficiente espacio como para alvergar el diámetro de columna, las placas rigidizadoras y los agujeros para los pernos de anclaje, ademas del momento total que en la parte inferior se considera que la placas rigidizadores absorven un 30% del momento de $687\ [\text{kgf} - \text{m}]$. Como se muestra en la **figura 3.24**

Figura 3.24 Medidas de la placa.



Esfuerzo de corte

$$\tau_{xy} = \frac{R_y}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{395\ \text{kgf}}{\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}} = \frac{395\ \text{kgf}}{1916{,}4} = 0{,}016\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Esfuerzo de flexión en la placa

Se usa la ecuación 3.32 y 3.33

$$\sigma_x = \frac{M_1\left(\frac{t_1}{2}\right)}{I};\quad I = \frac{a{t_1}^3}{12}$$

Donde:

t_1 →Espesor de la placa, $[\text{mm}]$

$$\sigma_x = \frac{0{,}7\text{x}687000\left(\frac{t_1}{2}\right)}{37{,}5{t_1}^3} = \frac{6412}{{t_1}^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{\frac{6412}{t_1^2}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{3,11}{t_1}\right)^2}$$

Ejemplo de cálculo para un factor de seguridad de 1,12

$$\sigma' = \frac{3235,02}{t_1^2}\left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right]$$

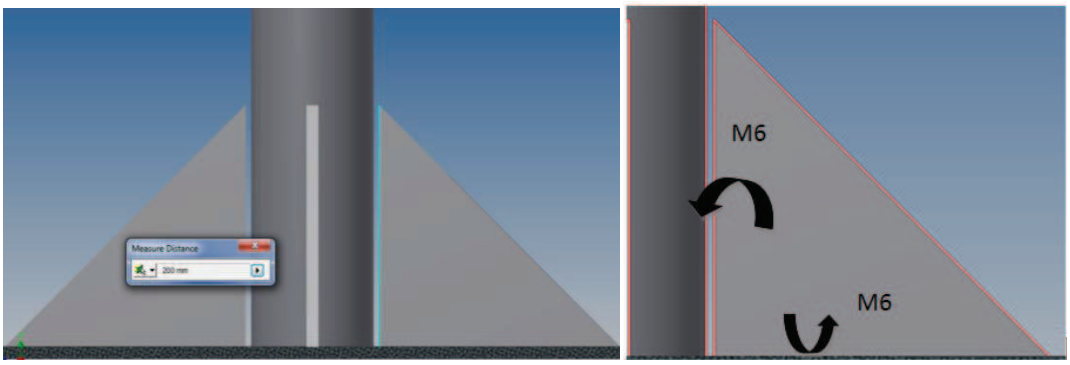
$$1,12 = \frac{250\text{MPa}}{\frac{3235,02}{t_1^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]*(10)[\text{Mpa}]} \rightarrow t_1 = 12\ mm$$

El espesor que se escoge es de 1/2”mm con un factor de seguridad de n=1.12.

3.2.5. DISEÑO DE LA PLACA RIGIDIZADORA

Esta placa esta sujeta a un momento flector debido a la soldadura; se considera Acero ASTM A-36, el diagrama de fuerzas para la placa se muestra en la siguiente **figura 3.25**

Figura 3.25 Placa rigidizadora y diagrama de fuezas



3.2.5.1. ESFUERZO DE FLEXIÓN EN LA PLACA

El momento M_6 va ha ser igual a $M_6 = \frac{M_1}{8} = \frac{687\text{kg}}{8} = 85,875\ [\text{kgf} - \text{m}]$ debido a que cada una de las placas estan soldadas en dos partes tanto en la placa base como en la columna, todas deben soportar una mismo momento flexionante.

$$\sigma_x = \frac{M_6 \frac{t_2}{2}}{I}; \quad I = \frac{a t_1^3}{12}$$

Donde:

t_2 →Espesor de la placa, [mm]

$$\sigma_x = \sigma_{máx} = \frac{85{,}875 * 1000\ \text{kgf}\left(\frac{t_2}{2}\right)}{12{,}5{t_2}^3} = \frac{3435}{{t_2}^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Se asume un factor de seguridad n=1.2 y se obtiene el espesor usando la siguinete ecuación

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{máx}} \rightarrow \sigma_{máx} = \frac{250\text{MPa}}{1{,}2} = 208{,}33\ [\text{MPa}]$$

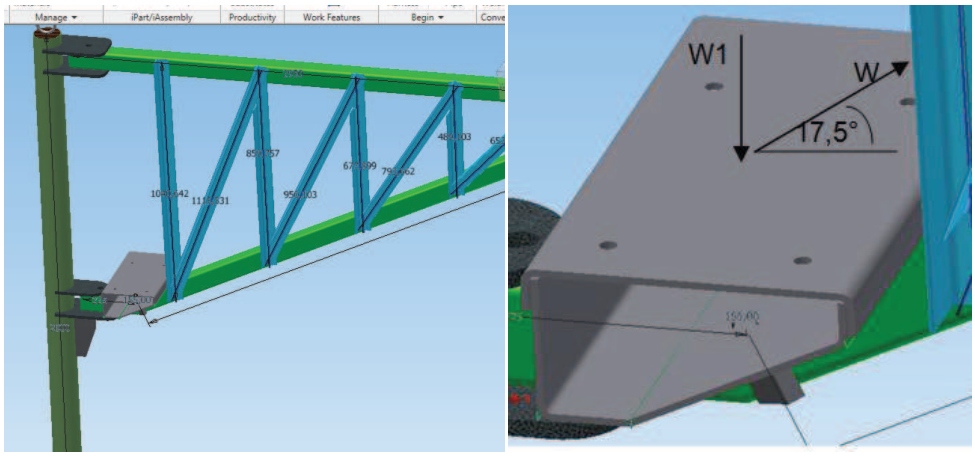
$$\sigma_{máx} = 20{,}833\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right] = \frac{3435}{{t_2}^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

$t_2 = 12{,}84\ \text{mm}$ Se toma el mismo espesor que la placa base que es de media pulgada.

3.2.6. DISEÑO DEL TOL PARA EL POLIPASTO

El diagrama de fuerzas para la placa que soporta al polipasto eléctrico se muestra en la **figura 3.26**. Las dimensiones de la placa son 200 x 400 mm espacio suficiente como para anclar el polipasto de 2 hp.

Figura 3.26 Medidas de la placa para el motor.



$$\sum F_y = 0\ \uparrow^+$$

$$R_m = W + W_1 \qquad \text{Ec. (3.38)}$$

Donde:

W →Representa tensión cable 229 [kgf]; W_1 →Representa el peso del tol superior e inferior placa, [kgf]

$$W = 9{,}6 \text{ kgf}, \quad W_1 = 229 \text{ kgf}$$

En la ecuacion 3.38 se obtiene R_m

$$R_m = 9{,}6 + 229 \text{ [kgf]} = 238{,}6 \text{ [kgf]}$$

Esfuerzo de corte

$$\tau_{xy} = \frac{R_m}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{238{,}6 \text{ kgf}}{\pi(12{,}3)\, t_3} = \frac{6{,}175}{t_3} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

El esfuerzo de von mises

Con la ecuación 3.36

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2}\,; \qquad \sigma' = \sqrt{3\left(\frac{6{,}175}{t}\right)^2}$$

Factor de seguridad

Se indica un ejemplo de cálculo para t_3= 5mm

$$\sigma' = \sqrt{+3\left(\frac{6{,}175}{5}\right)^2} = 2{,}14 \ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$n = \frac{250\text{MPa}}{21{,}4 \text{ MPa}} = 11{,}68$$

En la **tabla 3.18** se muestra los factores de seguridad considerando el espesor de la placa.

Tabla 3.18 Factor de seguridad

Espesor (t)	Esfuerzo de Von Mises (kgf/mm2)	Esfuerzo de fluencia (kgf/mm2)	Factor de Seguridad

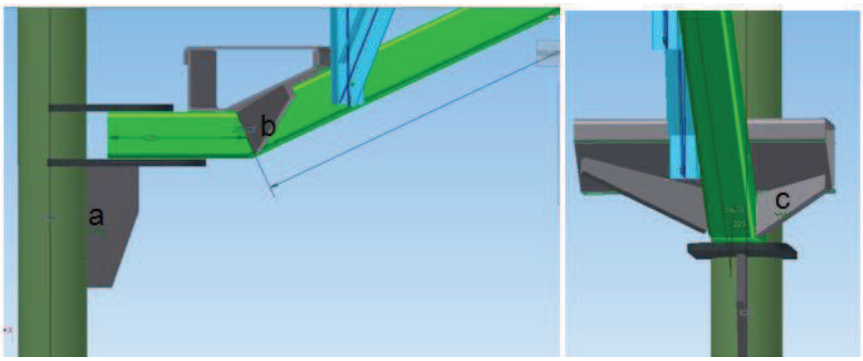
10	1,07	25	23,375
9	1,19	25	21,037
8	1,34	25	18,700
7	1,53	25	16,362
6	1,78	25	14,025
5	2,14	25	11,687
4	2,67	25	9,350
3	3,57	25	7,012

Se elige una placa de 5 mm de espesor por ser muy común con un factor de seguridad de n=11,68

3.2.7. DISEÑO DE LAS PLACAS DE REFUERZO

Las placas de refuerzo son aquellas que soportarán al tol para y además a la placa soporte inferior que es la más crítica como se muestra en la **figura 3.27**. Se usa el mismo criterio para las tres de modo que se realizará el cálculo para una de ellas.

Figura 3.27 Placas refuerzo.



Cálculo para la placa **a**, esta soldada tanto a la columna como a la placa soporte con soldadura de filete la fuerza horizontal hacia abajo es 1080,14 kgf (Sap2000), las dimensiones son 200 x 85 mm considerando el agujero del pasador, el momento $M_a = R_{jy} \text{ x } 42{,}5 \text{ mm} = 1080{,}14 \text{ kgf } (42{,}5 \text{ mm}) = 45905{,}95 \text{ [kgf} - \text{mm]}$

Esfuerzo de corte

$$\tau_{xy} = \frac{R_{jy}}{A}$$

$$\tau_{xy} = \frac{1080{,}14\text{kgf}}{200\ \text{t}} = \frac{5{,}4}{\text{t}}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Esfuerzo de flexión en la placa

$$\sigma_{x_2} = \frac{M_a\left(\frac{t}{2}\right)}{I};\ I = \frac{at^3}{12}$$

$$I = \frac{200\ t^3}{12};\rightarrow \quad \sigma_{x_2} = \frac{45905{,}95\left(\frac{t}{2}\right)}{\frac{200}{12}t^3} = \frac{2754{,}36}{t^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\sigma_x = \sigma_{x_1} + \sigma_{x_2}$$

$$\sigma_x = \frac{2754{,}36}{t^2}\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right]$$

Esfuerzos principales

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

$$\sigma_y = 0; \qquad \sigma_{1,2} = \frac{\frac{2754{,}36}{t^2}+0}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\frac{862{,}23}{t^2}+0}{2}\right)^2 + \left(\frac{1{,}69}{t}\right)^2}$$

El esfuerzo cortante máximo se obtiene con la ecuación

$$\tau_{máx} = \pm\sqrt{\left(\frac{\sigma_x+\sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{\left(\frac{\frac{2754{,}36}{t^2}+0}{2}\right) + \left(\frac{5{,}4}{t}\right)^2}$$

El esfuerzo de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3\left(\tau_{xy}\right)^2};\ \sigma' = \sqrt{\left(\frac{\frac{2754{,}36}{t^2}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{5{,}4}{t}\right)^2}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Se asume el espesor de la placa de 12 mm y se comprueba obteniendo el factor de seguridad con la ecuación 3.37

Ejemplo de cálculo

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{\frac{2754{,}36}{12^2}}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{5{,}4}{12}\right)^2} = 9{,}59\left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$n = \frac{250\text{MPa}}{9{,}59\left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}\right] * (10)[\text{Mpa}]} = 2{,}56$$

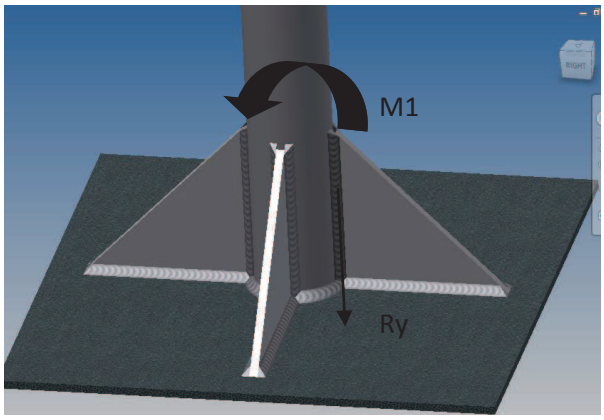
El espesor de placa estandar es de ½”.

3.2.8. DISEÑO DE LAS JUNTAS SOLDADAS

3.2.8.1. SOLDADURA ENTRE LA COLUMNA Y LA PLACA

Las soldaduras que se realizan son soldaduras de filete entre todas caras en contacto como se muestra en la **figura 3.28**

Figura 3.28 Soldadura de filete entre la columna y la placa.



Datos

$M_1 = 939{,}2[\text{kgf} - \text{m}]; \quad R_y = 395\ [\text{kgf}]$

Esfuerzo cortante en la columna y esfuerzo normal en la soldadura

$$\tau = \sigma = \frac{R_y}{A}$$

Donde

$A = hl \rightarrow$ Área total de soldadura

$h \rightarrow$ Garganta de la soldadura

$l = 2\pi r \rightarrow$ Longitud de la soldadura

$r \rightarrow$ Radio de la columna

$$\sigma_{x1} = \frac{R_y}{A(\cos 45°)} = \frac{R_y}{hl(\cos 45°)} = \frac{R_y}{2\pi rh(\cos 45°)}$$

Esfuerzo de flexión en la soldadura

$$\sigma_f = \frac{M_1 c}{I} \qquad \text{Ec. (3.39)}$$

Donde

$$I = 0{,}707 h I_u \qquad \text{Ec. (3.40)}$$

$I_u \rightarrow$ Momento de inercia unitario

En el anexo A-6 se presenta las propiedades a flexión de soldaduras de filete, en la **tabla 3.19** se indica las propiedades del metal de soldadura.

$$A = 1{,}414\pi hr;\ I_u = \pi r^3;\quad I = 0{,}707h(\pi r^3)$$

Tabla 3.19 Propiedades mínimas del metal de soldadura.

Numero de electrodo	Esfuerzo de tensión, kpsi (Mpa)	Esfuerzo de Fluencia, kpsi (Mpa)	Porcentaje de elongación
E60xx	62(427)	50(345)	17-25
E70xx	70(482)	57(393)	22
E80xx	80(551)	67(462)	19
E90xx	90(620)	77(531)	14-17
E100xx	100(689)	87(600)	13-16
E120xx	120(827)	107(737)	14

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap. IX; pág. 472

$$\sigma_x = \frac{R_y}{2\pi rh(\cos 45°)} + \frac{M_1 c}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{R_y}{1{,}414\pi rh} + \frac{M_1 r}{0{,}707h(\pi r^3)} = \frac{3950}{1{,}414\pi\left(\frac{0{,}127}{2}\right)(h)} + \frac{9392}{0{,}707h\left(\pi\left(\frac{0{,}127}{2}\right)^2\right)}$$

$$\sigma_x = \frac{14003{,}1}{h} + \frac{1048676{,}1}{h} = \frac{1062679{,}1}{h}$$

$$\tau_{xy} = \frac{R_y}{A} = \frac{R_y}{1{,}414\pi hr} = \frac{3950N}{1{,}414\pi h\left(\frac{0{,}127}{2}\right)} = \frac{14003{,}1}{h}$$

Esfuerzo de von mises

Se usa la ecuación 3.36

$$\sigma' = \sqrt{{\sigma_x}^2 + 3{\tau_{xy}}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{1062679,1}{h}\right)^2 + 3\left(\frac{14003,1}{h}\right)^2} = \frac{1062955,85}{h}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

AWS números de electrodo E60xx de la tabla 3.19, resistencia a la fluencia $S_y = 345[\text{MPa}]$ y un factor de seguridad n=2

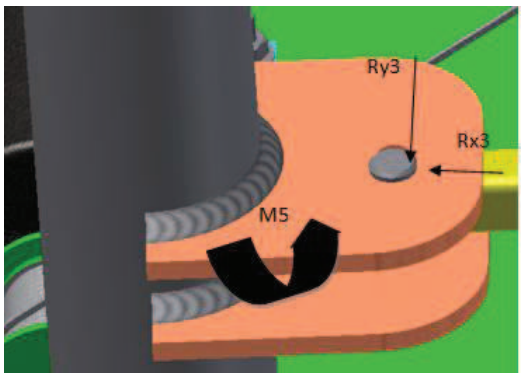
$$2 = \frac{345x10^6}{\frac{1062955,85}{h}} \rightarrow \therefore h = 0,00616[\text{m}] = 6,16\ [\text{mm}]$$

Para un factor de seguridad de n=2,0 se obtiene una garganta h=6,16 mm

3.2.9. DISEÑO DE LA SOLDADURA PLACA Y COLUMNA

La longitud aproximada de la placa es l=250 mm y está dispuesta como se indica en la **figura 3.29**

Figura 3.29 Soldadura de filete entre la columna y la placa.



Datos

$M_5 = 367{,}6[\text{kgf} - \text{m}];\ R_{y3} = 650{,}1[\text{kgf}];\ R_{x3} = 1643{,}1[\text{kgf}]$ (Sap2000)

Las dos fuerzas R_{x3}, R_{y3} provocan igual esfuerzo normal y cortante

$$\tau = \sigma = \frac{R_{y3}}{A};\ \tau = \sigma = \frac{R_{x3}}{A}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{R_{y3}}{hl(\text{sen}25°)} = \frac{R_{y3}}{2\pi rh(\text{sen}25°)}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{R_{x3}}{hl(\cos 25°)} = \frac{R_{x3}}{2\pi rh(\cos 25°)}$$

Esfuerzo de flexión en la soldadura

Se usa las ecuaciones 3.39 y 3.40

$$\sigma_f = \frac{M_5 c}{I};\ I = 0{,}707 h I_u$$

Donde

$I_u \rightarrow$ Momento de inercia unitario

En el anexo A-6 se presenta las propiedades a flexión de soldaduras de filete; para el caso las propiedades descritas a continuación se dividen para dos ya que la soldadura no es completamente alrededor de la columna

$$A = \frac{1{,}414\pi hr}{2};\qquad I_u = \frac{\pi r^3}{2};\quad I = \frac{0{,}707h(\pi r^3)}{2}$$

$$\sigma_x = \frac{R_{y3}}{\frac{2\pi rh(\text{sen}25°)}{2}} + \frac{R_{x3}}{\frac{2\pi rh(\cos 25°)}{2}} + \frac{M_5 c}{\frac{I}{2}}$$

$$\sigma_x = \frac{R_{x3}}{\frac{0{,}845\pi rh}{2}} + \frac{R_{y3}}{\frac{1{,}813\pi rh}{2}} + \frac{M_1 r}{\frac{0{,}707h(\pi r^3)}{2}} = \frac{16431[\text{N}]}{0{,}0843(h)} + \frac{6501[\text{N}]}{0{,}181(h)} + \frac{3676[\text{N} - \text{m}]}{0{,}00447h}$$

$$\sigma_x = \frac{194911{,}03}{h} + \frac{36116{,}67}{h} + \frac{835454{,}55}{h} = \frac{1066482{,}25}{h}$$

$$\tau_{xy} = \frac{R_{y3}}{A} + \frac{R_{x3}}{A} = \frac{R_{x3}}{\frac{0{,}845\pi hr}{2}} + \frac{R_{y3}}{\frac{1{,}813\pi hr}{2}} = \frac{194911{,}03}{h} + \frac{36116{,}67}{h}$$

$$\tau_{xy} = \frac{231027{,}7}{h}$$

Esfuerzo de von mises

$$\sigma' = \sqrt{{\sigma_x}^2 + 3{\tau_{xy}}^2}; \therefore \rightarrow \sigma' = \sqrt{\left(\frac{1066482,25}{h}\right)^2 + 3\left(\frac{231027,7}{h}\right)^2} = \frac{1139081,11}{h}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$2 = \frac{345x10^6}{\frac{1139081,11}{h}} = h = 0,0066\ m = 6,6\ mm$$

Para un n=2 se tiene un h=6,6 mm, para las demás placas soldadas se usa el mismo criterio de cálculo.

3.2.9.1. PERNOS DE ANCLAJE [28]

Los pernos de anclaje constituyen un medio de enlace entre la cimentación y la base de la máquina.

Existe una gran variedad de diseño de pernos de anclaje sin embargo puede clasificarse en dos grupos básicos.

a) Pernos de anclaje fijos
b) Pernos de anclaje desmontables

3.2.9.1.1. PERNOS DE ANCLAJE FIJOS

Los pernos de este grupo poseen en general un gancho y algunos casos usa pernos con cabeza espacial.

Para el montaje de máquinas pequeñas como electromotores de poca potencia, máquinas livianas etc. Se permite fijar los pernos de anclaje en el momento de la colocación general del hormigón.

3.2.9.1.2. PERNOS DE ANCLAJE DESMONTABLES

El criterio de uso de este tipo de pernos varía:

a) Con respecto a la comodidad que se quiera obtener, para que el montaje sea sencillo y práctico
b) Con respecto al tipo máquina que se vaya a instalar

Se usan pernos de anclaje para fijar la estructura de manera que la carga pueda subir de una manera uniforme hacia la terraza evitando movimientos bruscos e innecesarios.

Los pernos de anclaje van a soportar las cargas de tensión, compresión y flexión. Sobre la base de cimentación de la estructura soporta un peso de $R_y = 395[\text{kgf}]$, un momento de $M_1 = 939{,}2\ [\text{kgf} - \text{m}]$ y un cortante de $V = 884{,}64\ \text{kgf}$.

La carga de tensión es menor que a de la carga corte es por esto que se selecciona varillas roscadas en concreto de peso normal, para cargas a corte. Los datos de estas varillas se muestran en el anexo A-7

Los espaciamientos mínimos entre anclajes, las distancias a los bordes de los anclajes y los espesores mínimos de los elementos deberán seguir los requerimientos que se describen a continuación, a menos que se provea de armaduras para controlar el hendimiento.

La distancia mínima centro a centro entre pernos con cabeza embebidos será 4 diámetros para anclajes instalados sin torque y 6 diámetros para anclajes instalados con torque.

Las distancias mínimas a los bordes para pernos instalados en hormigón endurecido se basarán en el mayor valor entre los requerimientos de recubrimiento mínimo del ACI 318 o los requerimientos de distancia mínima determinados por ensayos, y no deberán ser menores que dos veces el tamaño del agregado máximo.

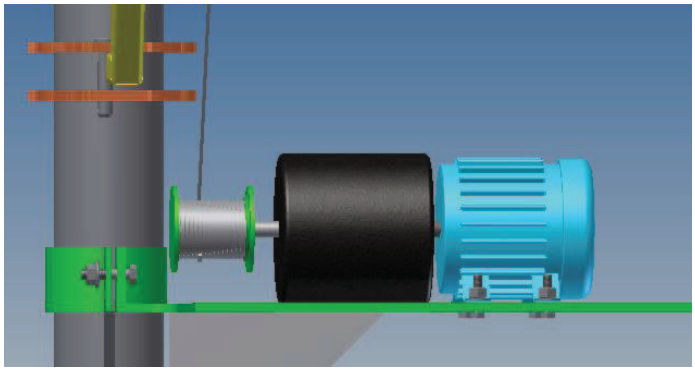
El valor de hef (profundidad embebida efectiva de un anclaje) para pernos de expansión o con agujero agrandado en la base no deberá exceder el mayor valor entre 2/3 del espesor del elemento o el espesor del elemento menos 10 cm. Los planos y especificaciones del proyecto deberán especificar el uso de anclajes con una distancia mínima a los bordes igual a la especificada en el

diseño. De esto se establece que entran 4 pernos dos en cada lado ubicados a 5 cm del borde de la placa que mide 450 x 450 mm.

3.2.10. SELECCIÓN DE LOS PERNOS

Son aquellos pernos que se usan para sujetar el polipasto eléctrico y tol que como se indica en la **figura 3.30**

Figura 3.30 Muestra los pernos para sujeción.



Por la forma como se tensa el cable los pernos que sujeta el motor están sometidos a cargas de tensión y corte mientras que los que sujeta a la placa del motor está sometido a flexión y corte.

El ángulo de inclinación del cable aproximado es $\phi = \tan^{-1}\left[\frac{1192\ \text{mm}}{2340\ \text{mm}}\right] = 25°$

$$T_x = 229\ [\text{kgf}]\cos 25 = 207{,}54[\text{kgf}]; \qquad T_y = 229[\text{kgf}]\ \text{sin}\ 25 = \ 96{,}77[\text{kgf}]$$

La tensión en x es la que provoca esfuerzo de corte; la tensión en y es la que provoca esfuerzo de tensión en los pernos. Cada perno recibe una cuarta parte de la carga, se divide la carga para cada perno

Así se tiene que:

$$T_{\text{corte perno}} = \frac{T_x}{4} = 51{,}88[\text{kgf}]; \qquad T_{\text{tensión perno}} = \frac{T_y}{4} = 24{,}19[\text{kgf}]$$

El momento que se genera en los pernos de sujeción de la placa del motor

$$W = 12\text{kgf}, \ \ W_1 = 15\text{kgf}$$

Donde

$W \rightarrow$ Es el peso de la placa

$W_1 \rightarrow$ Representa el peso del tambor con el cable recogido y el motorreductor

Estos valores son tomados del programa Autodesk inventor 2014, el momento generado en los pernos de sujeción de la placa del guinche se obtiene mediante

$$M_p = (W_1 + W)\left(\frac{0,5}{2}\right) = 27\text{kgf}\,(0,25\text{m}) = 6,75[\,\text{kgf} - \text{m}]$$

Cada perno en la placa debe soportar un momento

$$M_{perno} = \frac{6,75}{2}[\,\text{kgf} - \text{m}] = 3,375\ [\text{kgf} - \text{m}]$$

3.2.10.1. CONSTANTE DE RIGIDEZ DEL PERNO

$$k = \frac{AE}{l} = \frac{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)E}{l} \qquad \text{Ec. (3.41)}$$

Donde

$k \rightarrow$constante de rigidez del perno

$l \rightarrow$ Longitud de agarre del perno

$d \rightarrow$ Diametro nominal del perno

$E \rightarrow$Módulo de eslasticidad del material del perno

La longitud de agarre del perno es de l= 40 mm= 1,574 in

3.2.10.2. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE LA JUNTAS EMPERNADAS

Se calcula usando la siguiente ecuación

$$k_m = \frac{\pi E d}{2\ln\left[5\frac{(l+0,5d)}{l+2,5d}\right]} \qquad \text{Ec. (3.42)}$$

Obteniendo las dos contante anteriores se consigue la constante C mediante la siguiente relación

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \qquad \text{Ec. (3.43)}$$

Pare el caso $k=k_b$ constante de rigidez a tensión

$C \rightarrow$ Es la constante de los modulos de rigidez

3.2.10.3. PRECARGA EN LOS PERNOS

La precarga consiste en ajustar los pernos mas alla de el ajuste firme para que puedan trabajar correctamente cuando se presente la tensión.

La carga de prueba se obtiene mediante la siguiente relación

$$F_p = A_t S_p \qquad \text{Ec. (3.44)}$$

$F_p \rightarrow$ Es la carga de prueba

$S_p = 0{,}85 S_y \rightarrow$ Es la resistencia de prueba

3.2.10.4. PRECARGA

Según el libro de diseño mecánico de Shigley la precarga debe estar dentro de los siguiente ecuación:

$$0{,}6\, F_y \leq F_i \leq 0{,}9\, F_y \qquad \text{Ec. (3.45)}$$

Se selecciona un perno M 10 x 1 $(^1/_2\,\text{in})$ SAE grado 5

$$S_y = 92\text{kpsi}$$

El área A_t se obtiene de la tabla de diámetros y áreas de roscas métricas paso fino y paso basto. Ver anexo A-8.

$$A_t = 20{,}1\text{mm}^2 = 0{,}031\text{in}^2$$

La resistencia de prueba es:

$$S_p = 0{,}85(92\text{kpsi}) = 78{,}2\ \text{kpsi}$$

Con la ecuación 3.50 se obtiene la carga de prueba

$$F_p = (0{,}031\ \text{in}^2)(78{,}2\ \text{kpsi}) = 2{,}42\ [\text{klbf}] = 24224{,}2\ [\text{lbf}]$$

Se obtiene que la precarga este dentro de los valores recomendados

$$0{,}6(78{,}2\ \text{kpsi})(0{,}031\text{in}^2) \leq \text{F}_\text{i} \leq 0{,}9\big(78{,}2\ \text{kpsi}(0{,}031\text{in}^2)\big)$$

$$1454{,}5\ [\text{lbf}] \leq \text{F}_\text{i} \leq 2111{,}4\ [\text{lbf}]$$

El módulo de elasticidad se obtiene de la tabla 3.20 parametros de la ridiez de varios materiales. Se obtiene los valores de la constantes antes mencionadas usando las ecuaciones 3. 47; 3.48; 3.49

Tabla 3.20 Parametros de la ridiez de varios materiales.

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de Elasticidad		A	B
		Gpa	Mpsi		
Acero	0,291	207	30	0,78715	0,62873
Aluminio	0,334	71	10,3	0,7967	0,63816
Cobre	0,326	119	17,3	0,79568	0,63553
Hierro fundido gris	0,211	100	14,5	0,77871	0,61616
Expresión general				0,78952	0,62914

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; cap.8; pág.416

$$\text{k} = \frac{\left(\frac{\pi(0{,}5\ \text{in})^2}{4}\right)30\text{x}10^6[\text{Mpsi}]}{1{,}574\ \text{in}} = 3742367{,}36\,\frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

$$\text{k}_\text{m} = \frac{\pi\left(12\text{x}10^6\right)(0{,}5)}{2\ln\left[5\frac{\left(1{,}574+0{,}5(0{,}5)\right)}{1{,}574+2{,}5(0{,}5)}\right]} = 8041619{,}42\,\frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

$$\text{C} = \frac{3742367{,}36}{3742367{,}36 + 8041619{,}42} = 0{,}315$$

Factor de seguridad

$$\text{n} = \frac{\text{A}_\text{t}\text{S}_\text{y} - \text{F}_\text{i}}{\text{cP}}$$

$\text{P} \rightarrow$ Es la carga del perno

$$\text{n} = \frac{(0{,}031\text{in}^2)(78{,}2\text{kpsi}) - 1454{,}5\text{lbf}}{0{,}315\ (125{,}95\ \text{lb})} = 24{,}44$$

3.3. ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA

3.3.1. CIMENTACIÓN

La cimentación deben ser diseñada de tal forma que la máquina a ser colocada, nivelada, alineada y acoplada a su equipo auxiliar de manera más exacta posible.

Entre los factores generales para la construcción de una cimentación:

a) La resistencia al asentamiento vertical
b) El asentamiento diferencial
c) Cambios térmicos
d) Protección anticorrosiva
e) Vibración

Resistencia al asentamiento vertical

Desde el punto de vista práctico en la construcción de cimentaciones es aconsejable limitar la presión soporte sobre el suelo en un margen de 40 a 60% como factor de seguridad.

Asentamiento diferencial

Este tipo de asentamiento significa que la cimentación tiende a asentarse (hundirse) parcialmente de un lado mientras que el otro se mantiene firme.

Previsión para la instalación de accesorios y anexos

A menudo ocurre que las cimentaciones de maquinaria deben diseñarse para acomodar varios accesorios y anexos la misma.

Cambios térmicos

Todos sabemos que las fuentes caloríficas pueden ocasionar dilataciones térmicas y las fuente frigoríficas en cambio contracciones térmicas.

Protección anticorrosiva

Una de las formas de evitar la corrosión es construyendo la cimentación la cimentación a cierta altura del nivel norma del piso

3.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE CIMENTACIÓN

3.3.2.1. CIMENTACIÓN

Para el dimensionamiento de las cimentaciones se debe considerar de una manera general.

- Asentamiento vertical, asentamiento diferencial, cambios térmicos
- Los costos de construcción los cuales están relacionados directamente con las dimensiones así como el material a usarse en estas cimentaciones
- Las condiciones de seguridad
- Los requerimientos operacionales de la maquinas a instalar
- Las condiciones del suelo.

Determinación de la altura mínima de la cimentación está directamente relacionada con:

- Las condiciones de ubicación y fijación de la maquinaria
- Las condiciones de los fabricantes de la maquinaria las cuales viene acompañadas en planos referenciales

3.3.2.2. BASE DE CONCRETO

Para calcular el contrapeso (base de concreto) se realizó lo siguiente:

El teoría el elevador de carga de va a soportar la losa es el peso de 200 kgf más el peso de la canasta que se calcula es de 29 kgf. La losa soporta el peso anterior más el peso propio de la máquina es alrededor de 194 kgf.

La suma del peso para el elevador es de 395 kg a este peso y por motivos de seguridad se $n = \frac{F}{Fu} \gg 1$ se ve conveniente usar un factor de seguridad de 1,5 con lo cual la carga de contra peso es de 553 kg. Con este peso y con la densidad del concreto que es de 2400 kg/m^3 se obtiene el volumen del concreto que se va a utilizar $V = \frac{463{,}5\ kg}{2400\ \frac{kg}{m^3}} = 0{,}23\ m^3$

El volumen es igual $V = longitud\ x\ ancho\ x\ espesor = l.a.e$ que aquí se puede concluir que el espesor de la base depende de la longitud y ancho. Si aumenta el espesor existe mayor momento en la base y esto puede obligarlo deprenderse de la terraza perdiendo su función, por esto se considera la espesor como crítico, mientras que la longitud, ancho se los toma considerando que ocupen el menor espacio en la terraza. Geométricamente el cuadrado es el que ocupa menos espacio.

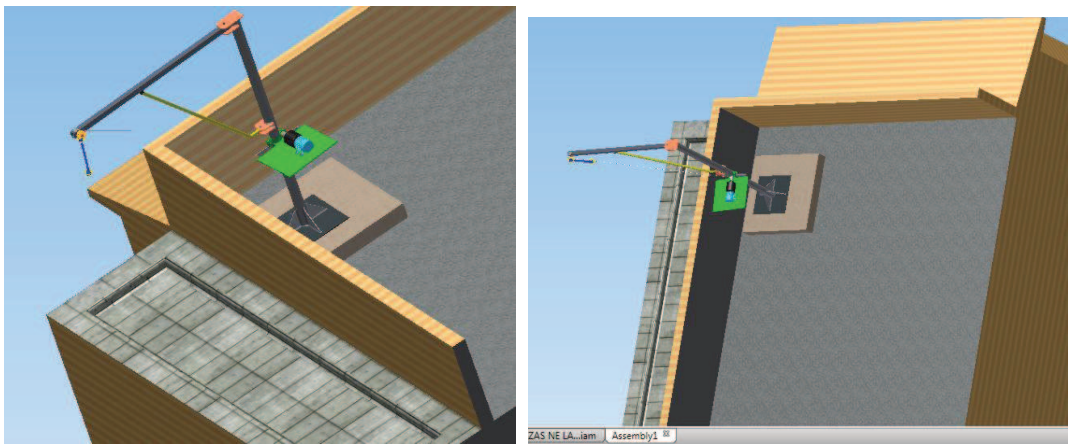
Se elige entonces una base rectangular de lados iguales, luego se va comprobando que el espesor sea suficiente como para embeber los pernos de anclaje. En la **tabla 3.21** se muestra la selección del espesor de la base de concreto.

Tabla 3.21 Dimensiones base de concreto

Masa (kg)	F. Seguridad	Masa 1 (kg)	Densidad (kg/m3)	Volumen (m3)	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)
229	1,5	553	2400	0,2304	2	2	0,0576
229	1,5	553	2400	0,2304	1,8	1,8	0,0711
229	1,5	553	2400	0,2304	1,6	1,6	0,0900
229	1,5	553	2400	0,2304	1,4	1,4	0,1176
229	1,5	553	2400	0,2304	1,2	1,2	0,1600
229	1,5	553	2400	0,2304	1	1	0,2304
229	1,5	553	2400	0,2304	0,8	0,8	0,3600
229	1,5	553	2400	0,2304	0,6	0,6	0,6400
229	1,5	553	2400	0,2304	0,4	0,4	1,4401

Se elige entonces una base con las siguiente medidas 1,2 x 1,2x 0,16 m A continuación en las **figura 3.21** se muestra la ubicación del elevador sobre la base de concreto en la fachada frontal del edificio de la Facultad de Ingeniería Mecánica. En el anexo 9 se muestra los planos para la cimentación de la base de concreto.

Figura 3.31 Muestra los pernos para sujeción.



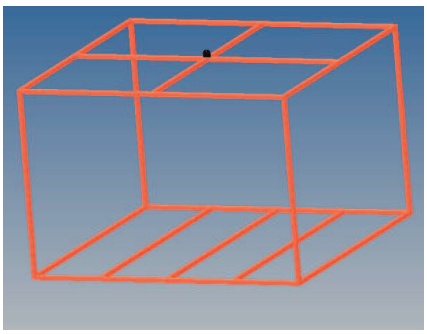
3.4. SISTEMA DE GUÍADO

En el capítulo II se estableció que el guiado se lo va hacer manualmente con una cuerda desde el piso. Este guiado solo se lo hará si es estrictamente necesario. Para lograr una tensión adecuada en la cuerda se puede usar un peso y atarla en la parte superior.

3.4.1. SELECCIÓN DE LOS PERFILES DE LA CANASTA

En la **figura 3.32** se muestra la forma de canasta a construirse.

Figura 3.32 Canasta.

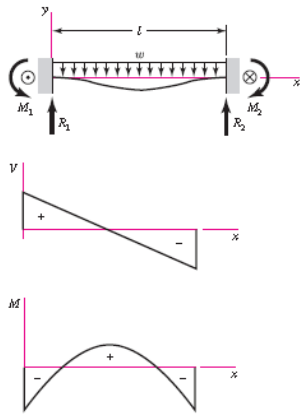


La canasta va soportar una carga máxima de 200 kgf; los cuales la soportaran cinco perfiles (base de la canasta) estructurales cuadrados. Tanto la longitud como el ancho de la canasta serán de 1.5 x 1,0 m y el diagrama de fuerzas y momento flector ese indican en la figura 3.33

$$w_{perfil} = \frac{200[kgf]}{5} = 40[kgf] \rightarrow q = \frac{w_{\ perfil}}{1{,}5m} = 26{,}66\left[{}^{kgf}/_{m}\right]$$

En la **figura 3.33** se muestra el diagrama de fuerza cortante y momento flector el perfil cuadrado de la canasta

Figura 3.33 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



.

Fuente: BUDYNAS G. Richard; NISBETT J, Keith; Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley; 8va Edición; Editorial McGraw- Hill; Apéndice; pág.1000

$$R_1 = R_2 = \frac{ql}{2}; \qquad V = \frac{q}{2}(l - 2x); \qquad M = \frac{q}{12}(6lx - 6x^2 - l^2)$$

$$M_{máx} = \frac{26{,}67^{kgf}/_{m}}{12}(6(1{,}5)(0{,}75) - 6(0{,}75)^2 - (1{,}5)^2) \therefore\rightarrow M_{máx} = 2{,}50\left[{}^{kgf}/_{m}\right]$$

El momento máximo que se tienes es $3{,}125\ [kgf - m]$ con la ecuación 3.3; 3.4 se tiene (ver anexo A-1)

$$\sigma_{máx} = \frac{2500[kgf - mm]}{0{,}53cm^3\ \frac{10^3 mm^3}{1cm^3}} = 4{,}718\left[\frac{kfg}{mm^2}\right]$$

$$n = \frac{25{,}6\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]}{4{,}718\left[\frac{kgf}{mm^2}\right]} = 5{,}426$$

Se seleciona el perfil ASTM A-36 que brinda mayor factor de seguidad

3.5. LUBRICACIÓN DE CABLES

Funciones del lubricante:

Los lubricantes para cables cumplen dos funciones

- Reducir la fricción resultado del movimiento relativo entre los alambres.
- Proveer protección contra la corrosión, lubricar el núcleo, los alambres internos y las superficies exteriores.

3.5.1. TIPOS DE LUBRICANTES

Hay dos tipos de lubricantes para cables los de penetración y los de recubrimiento.

- Los lubricantes de penetración contienen un solvente de petróleo que permiten el flujo del lubricante hacia el interior del cable, en el interior el solvente se evapora, permitiendo que una capa fuerte de lubricante proteja cada torón.
- Los lubricantes de recubrimiento penetran ligeramente, sellan la parte externa evitando la acción de contaminantes y de agua hacia el interior, reducen el desgaste y la corrosión por frotamiento

El lubricante ideal mezcla las características de los lubricantes de penetración y el de recubrimiento.

Aceites lubricantes.- Deben ser de elevada viscosidad se aplican sumergiendo el cable en un baño de aceite caliente.

Grasas lubricantes.- Se emplean para recubrir la parte externa del cable evitando la salida de aceite aplicado.

Compuesto de petróleo.- Presentan buena resistencia a la corrosión y al agua, como son translucidos permite la inspección visual del cable.

Amalgamas de partículas metálicas.- Suelen ser de zinc, estaño, plomo, cobre plata entre otros, se aplican en disuelto en capa volátil.

Solidos.- Consiguen buena condición de lubricación, se aplican disueltos en una base volátil y por medio de corriente de aire comprimido, son efectivos pero costosos, se utilizan para trabajar en ambiente contaminados

Selección del lubricante

El lubricante que se escoge es la grasa, ya que los aceites lubricantes menos efectivos, además se necesita un recipiente para hacerlo, los demás tipos no están a nuestro alcance. En la siguiente **tabla 3.21** se muestra las propiedades del lubricante de acuerdo al tipo de servicio.

3.5.2. GRASA [29]

La grasa es un compuesto visco-plástico obtenido por espesamiento de aceites minerales, mediante la aportación de un jabón mineral. No obstante, también existen grasas fabricadas partiendo de lubricantes sintéticos y grasas que recurren a otros compuestos como espesantes.

Ventajas:

- El empleo de las mismas viene obligado siempre que el mecanismo a lubricar ofrezca dificultades importantes en cuanto a la posibilidad de retener consigo el aceite (rodamientos, etc.). La mayor adherencia y consistencia de las grasas, las hace indispensables en tales casos.
- De igual modo son muy recomendables en ambientes de trabajo muy nocivos (polvo, humedad, etc.).
- También cuando sea difícil el acceso al punto a lubricar y sea conveniente dilatar al máximo los periodos de mantenimiento.

Inconvenientes:

- Como inconveniente principal de las grasas se puede citar su (por lo general) extraordinaria sensibilidad al exceso de calor. Salvo grasas muy especiales, las corrientes no suelen soportar adecuadamente las temperaturas elevadas.
- Además la acción refrigerante del lubricante se pierde por completo si se utilizan grasas.
- Todavía en la actualidad no se ha conseguido eliminar la necesidad del engrase periódico sobre todo en las máquinas pesadas.

Tipos de grasa

El tipo de jabón empleado en la fabricación de cada grasa es el que determina las propiedades fundamentales que van a caracterizar posteriormente a dicha grasa. Las más empleadas se citan a continuación:

3.5.2.1. Grasas cálcicas

Históricamente fueron las primeras grasas empleadas en maquinaria. Son de aspecto mantecoso y ofrecen muy buena resistencia frente al agua, por lo que su empleo resulta apropiado en aquellos puntos de engrase expuestos a la acción del lavado con agua. La difusión de las grasas cálcicas ha sido muy grande debido a su bajo precio.

Sin embargo, su poca resistencia mecánica y su débil resistencia frente al aumento de temperatura, las hacen poco recomendables para muchas aplicaciones. Pueden trabajar sin problema en cojinetes sencillos hasta temperaturas del orden de 75 grados y a partir de ahí se evaporan pequeñas cantidades de agua que la hacen inestable causando la separación de jabón y aceite. Aunque el punto de gota de estas grasas está comprendido entre 80 y 100 ºC, se pueden encontrar grasas especiales cuyo punto de gota supera los 200ºC.

3.5.2.2. Grasas alumínicas

De características similares a las grasas cálcicas, las grasas alumínicas son en cambio claras, transparentes y de estructura suave y fibrosa. Como aquellas, tampoco ofrecen gran resistencia al aumento de la temperatura y su temperatura límite de servicio es de unos 70 ºC. Excepcionalmente algunos tipos de grasas alumínicas pueden llegar a los 150 ºC.

Son insolubles en agua y poseen gran resistencia frente a la formación de herrumbre. Otra de sus buenas cualidades es la de no endurecerse demasiado a bajas temperaturas. Gozan de muy buenas cualidades adherentes pero su resistencia mecánica es más bien baja.

Sus principales aplicaciones son los puntos de engrase de los chasis de los vehículos y las juntas de los árboles de transmisión. Actualmente, su uso está disminuyendo para dar paso a la utilización de otros tipos de grasas.Su punto de gota oscila entre 80ºC y 90ºC.

3.5.2.3. Grasas sódicas

Presentan estructura fibrosa y gozan de muy buena resistencia mecánica, sin sufrir deterioro alguno ni separación de sus componentes aunque se las someta a notables esfuerzos de batido y agitamiento. Presentan además una excelente resistencia a la oxidación en servicios prolongados, por lo que es frecuente su empleo en rodamientos y cojinetes sellados de los que se conocen como “engrasados de por vida”.

Poseen buenas cualidades anticorrosivas y antiherrumbre y pueden resistir bien las temperaturas elevadas, del orden de hasta los 150 ºC. Por el contrario, no soportan en absoluto la acción de trazas de agua por escasa que sea la presencia de ésta.

Están, por lo tanto, muy indicadas en todo tipo de rodamientos en los que esté garantizada la estanqueidad de los mecanismos contra la posible penetración de agua. Su punto de gota se sitúa entre los 140ºC y los 180ºC. En la actualidad se fabrican grasas sódicas resistentes al agua a partir del octadeciltereftalato sódico.

3.5.2.4. Grasas líticas

Su empleo se encuentra muy extendido en la actualidad. Se puede afirmar que un 50% del total de las grasas que se consumen son líticas. Esto se debe a que poseen una serie de características muy buenas de entre las que destacan una alta resistencia al agua y una alta resistencia a la temperatura (hasta 150 ºC). Admiten, además, la adición de un 1% de jabón cálcico para potenciar más aún dicha insolubilidad.

No protegen demasiado eficazmente contra la corrosión ni son muy estables químicamente. La utilización de diferentes aditivos permite la obtención de

grasas líticas de tipo “multipurpose”, aptas para todo tipo de aplicaciones industriales, solas o combinadas con bisulfuro de molibdeno, polietileno o teflón.Su punto de gota se sitúa por encima de los 190ºC.

3.5.2.5. Grasas de bario

Superan a las grasas líticas por sus mejores cualidades adherentes y resistencia mecánica, así como también por su todavía mayor resistencia al agua. Se emplean como grasas de tipo universal que pueden utilizarse sin contratiempos hasta temperaturas del orden de los 150 ºC. Por el contrario, son mucho más caras y muy difíciles de preparar. Su punto de gota se sitúa alrededor de los 200ºC.

Lo que se realiza finalmente es escoger el tipo de grasa cálcica ya que por sus características permite su uso para la aplicación que se presenta, además este tipo de grasa se la encuentra fácilmente en el mercado.

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN MONTAJE, PROTOCOLO DE PRUEBAS y COSTOS

Con la ayuda de máquinas-herramientas para transformar materia prima, los planos de conjunto, de montaje, las hojas de proceso y WPS, en el presente capítulo se presenta el proceso tanto de fabricación como el de montaje del elevador de carga, además se muestra el protocolo de pruebas que determina el funcionamiento correcto del equipo. Se hace también un análisis de los costos directos e indirectos en los que se incurre al realizar el proyecto.

4.1. CONSTRUCCIÓN DEL ELEVADOR

La construcción del elevador de carga se lo realiza en un taller mecánico el cual se encuentra bien equipado y posee todas las herramientas necesarias y suficientes para la construcción de todos los elementos que conforman la máquina. En el anexo se ubica todos los elementos que constituyen la máquina en los que se encuentra la ingeniería de detalle y hojas de procesos para la fabricación de cada elemento.

4.1.1. REQUERIMIENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de cada elemento que construye la máquina se requiere: maquinas, equipos, herramientas, materiales, instrumentos etc., Los que se detallan a continuación:

Máquinas y equipos

- Esmeril
- Soldadora eléctrica
- Amoladora
- Taladro manual
- Sierra

- Torno
- Fresadora

Herramientas

- Brocas
- Elementos de trazado
- Limas
- Matillo
- Sierra de mano
- Tizas

Instrumentos de medición y calibración

- Calibrador pie de rey
- Nivel
- Flexo metro
- Escuadra
- Compas

Materia prima

- Plancha de Acero A-36
- Perfil estructural circular
- Perfil estructural cuadrado

Elementos condicionales

- Polipasto
- Cuerda
- Cable
- Gancho, grilletes

4.1.2. HOJA DE PROCESOS

Es necesario disponer de procedimientos de fabricación de los diferentes elementos a construirse. En el anexo 10 se presenta las hojas de procesos de

los diferentes elementos que conforman la máquina los cuales son de mucha ayuda para el trabajador encargado de la fabricación.

4.1.3. FABRICACIÓN Y MONTAJE DEL ELEVADOR DE CARGA

Para el proceso de fabricación del elevador de carga se debe tomar en cuenta la dependencia de cada una de las estructuras que la conforman, puesto que al ser un sistema modular esta necesita de una relativa exactitud a la hora de fabricar los elementos que la conforman.

4.1.3.1. ESTRUCTURA DE LA COLUMNA PRINCIPAL

Está constituida por los siguientes elementos; placas de apoyo y conexión para el acople con la viga horizontal e inclinada, placa base y placas soporte. Como se dijo anteriormente cada estructura depende de otra para su fabricación y en este caso de la columna principal es la más importante ya que soportara todo el peso de la carga, la disposición de las placas se indica en la **figura 4.1**

Figura 4.1 Estructura principal.

Placas soldadas a la columna principal son:

- Placas de conexión para acople viga horizontal
- Placa de conexión para acople con la viga inclinada
- Placa base la cual soportará todo el peso de la columna y la estructura

- Placas de apoyo las que ayuda a rigidizar la estructura

Para este caso su fabricación depende del diámetro de la columna principal esto debido a que estarán conectadas entre sí. Estos elementos al igual que la argolla en la parte superior soldada a una placa circular (tapa) se los ubicarán primero porque en estas se sientan todas las demás partes. Al final la fabricación depende gran parte de la habilidad para constituirla.

4.1.3.2. GUÍA PARA EL ELEVADOR

El objetivo de la guía es evitar que se mueva la canasta está construida de acuerdo a los planos que se muestran en el anexo, esta guía es del todo indispensable pero es un requerimiento que se obtuvo al momento del desarrollo del proyecto.

4.1.3.3. CANASTA

La canasta es la que recibirá todos los equipos del laboratorio que se va a elevar, para esto se usa los perfiles descritos en los planos dispuesto de la manera que se indica. Se corta los perfiles cuadrados a 45°(esquinas), sus medidas de 1 x 1, 5 m la base inferior – superior; 0,7 m de altura. Unas vez cortado se procede a soldar con el proceso SMAW cada una de la partes como se indica en la **figura 4.2**

Figura 4.2 Soldadura de canasta.

4.1.4. FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del elevador de carga se sujeta a una secuencia debido a que los elementos a acoplar deberán tener exactitud a la hora de ensamblar la máquina, la secuencia se la hace de la siguiera manera.

4.1.4.1. FABRICACIÓN DE LA COLUMNA

La fabricación de esta estructura consiste en el corte del perfil a las medidas que indican los planos cuidando eliminar aristas vivas. Luego de tener el perfil se procede al corte de la placa base mediante el proceso de Oxicorte, las placas de apoyo las mismas que serán soldadas con el perfil circular y mediante la utilización del respectivos WPS ver anexo 11. Se identifica la forma como se hará el corte de las placas de conexión con dichas vigas, las planchas deben ser perforadas según lo indican los planos de taller y sobretodo cuidando las respectivas dimensiones, de similar forma serán soldadas de acuerdo a lo dispuesto mediante la utilización del WPS. El proceso de soladura deber ser realizado con mayor exactitud posible además de cuidar la perpendicularidad de los elementos unidos. En lo que se refiere a las placas rigidizadoras se colocarán una vez que la placa base esté soldada a la medida angular de 90° para después usando el esmeril eliminar aristas vivas y redondear las esquinas. En la **figura 4.3** se muestra como se está soldando y esmerilando la columna.

Figura 4.3 Soldando placas; redondeo aristas vivas.

4.1.4.2. FABRICACIÓN DEL BRAZO Y APOYO DEL BRAZO

La fabricación de este elemento depende de gran parte de la estructura columna principal por tanto primero se procede a posicionar el perfil adquirido, para luego cortar tanto el perfil horizontal como el inclinado que también es cuadrado, como esta descrita en los planos de taller. Realizando el procedimiento anterior; los cortes tanto para el perfil horizontal como para el inclinado el cual necesita un procedimiento previo de unión (soldadura SMAW) ya que tiene una parte horizontal de 0,2 m y 2,4 m de longitud inclinada a 25°, estos elementos poseen perforaciones las mismas que se deben realizar a 0,40 m como se indica en los planos. Las perforaciones de 25,4 mm se las realiza con el taladro fijo, mientras que para las perforaciones pequeñas se usa el taladro manual, el procedimiento de centrado de cada uno de los agujeros se lo hace usando la escuadra. En la **figura 4.4** se muestra las perforaciones de los agujeros de una pulgada en el taladro fijo.

Figura 4.4 Agujeros taladro fijo.

Obtenidos tanto el perfil horizontal como inclinado se realiza la unión al perfil horizontal de dos placas con agujeros de una pulgada en sus centros ubicadas a 2.4 m desde el extremo del perfil. Se une entonces ubicando los pasadores en los agujeros. Se comprueba después la movilidad que tiene la columna y el brazo. En la **figura 4.5** se indica la columna y brazo unidos verificando la movilidad y la soldadura de la placa en el perfil horizontal.

Figura 4.5 Soldadura de placas, columna armada.

4.1.4.3. FABRICACIÓN DE LA CANASTA

La canasta se la fábrica con el WPS respectivo para luego teniendo cuidado en nivelar cada soldadura de manera que quede lo más perpendicular posible cada una de las esquinas de la canasta. Se añadirá una malla en el asiento de la canasta para que los materiales o equipos pequeños se eleven sin ningún problema, esta malla está atada a la canasta mediante alambres. En la siguiente **figura 4.6** se muestra el posicionamiento de la parte superior de la canasta para ser soldada.

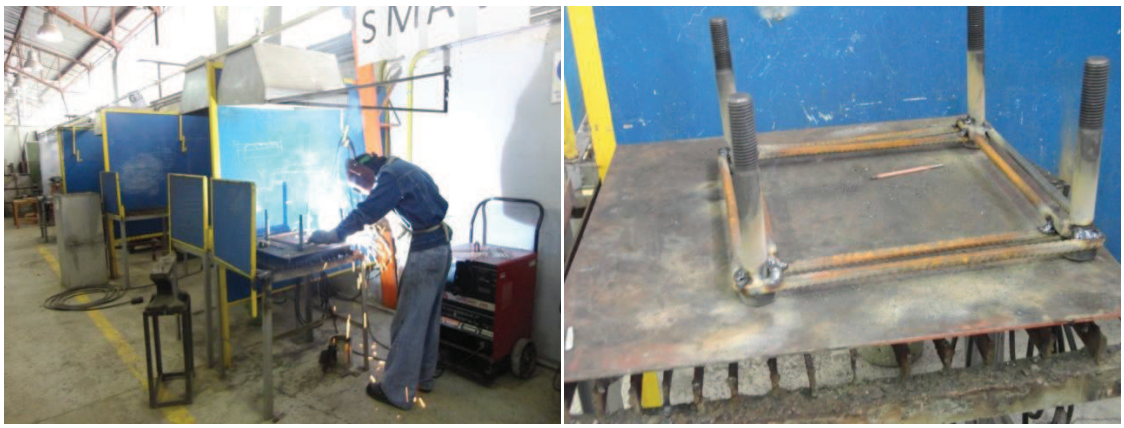
Figura 4.6 Posicionando la canasta.

4.1.4.4. ELABORACIÓN DE LA BASE CONCRETO

En la terraza de la facultad previa a la solicitud del permiso para realizar los respectivos trabajos se construye una base de concreto (contrapeso) de 150 x 150 cm y de 25 cm de altura en la cual se embeben los cuatro pernos de

anclaje dispuestos de acuerdo a como se indica en el plano. La manera como están soldados los pernos a las varillas para mantener la distancias de los agujeros ya realizados en la placa base se indica en la siguiente **figura 4.7**

Figura 4.7 Soldadura perno-varilla.



Además para la base se elaboró dos mallas de acero estructural para hacer resistente la losa de concreto la varilla que se usa es varilla de 1/2” atada con alambre galvanizado No 18 y dispuesta cada 20 cm de distancia. Las varillas laterales están dobladas en sus extremos como se muestra en la **figura 4.8**

Figura 4.8 Soldadura perno-varilla.

Se añade también un acelerante para la mezcla de concreto con el objeto lograr un rápido fraguado. A continuación se deja fraguar unos días, que endurezca lo suficiente como para recibir al equipo elevador. El acelerante usado y la forma como se deja que la base de concreto se fragüe se indican en la siguiente **figura 4.9**

Figura 4.9 Base de concreto.

4.1.5. MONTAJE FINAL

El montaje final viene dado de acuerdo a los proceso de fabricación por lo que se realizará mediante los siguientes pasos:

La construcción del elevador se realizó en taller equipado con todo lo necesario, hubo la necesidad de trasladar el equipo hacia la parte la terraza de edificio de la FIM, para lo cual se usó una camioneta la cual permitió llevar todo el equipo hacia la parte inferior de la FIM, una vez ahí se sube cada uno de los componentes del equipo por las gradas de la facultad hasta la biblioteca, en donde con ayuda de cuerdas y de compañeros voluntarios se sube finalmente hacia la terraza. Las partes del elevador en la terraza es lo que se muestra en la **figura 4.10**

Figura 4.10 Partes del elevador.

Para la ubicación de la columna principal de se debe limar un poco los agujeros de la placa base ya que se atasca al momento posicionar en los cuatro pernos embebidos manteniendo la horizontalidad con el uso de trabas. De igual manera de quitar todos los pigmentos de concreto que se encuentran en las rosca de los pernos. La forma como se ubicó la columna principal en la base de concreto se muestra en la **figura 4.11**

Figura 4.11 Ubicación columna principal.

Para el montaje del brazo lo que se realizó es limar todas las aristas, luego poner grasa en cada una de las uniones, tanto en agujero como en pasador. Se coloca el perfil horizontal primero usando el pasador superior y después el perfil inclinado insertando los pasadores restantes. Una vez que se tiene el brazo se junta los perfiles “L” de izquierda a derecha comenzando desde la columna como se muestra en la **figura 4.12**

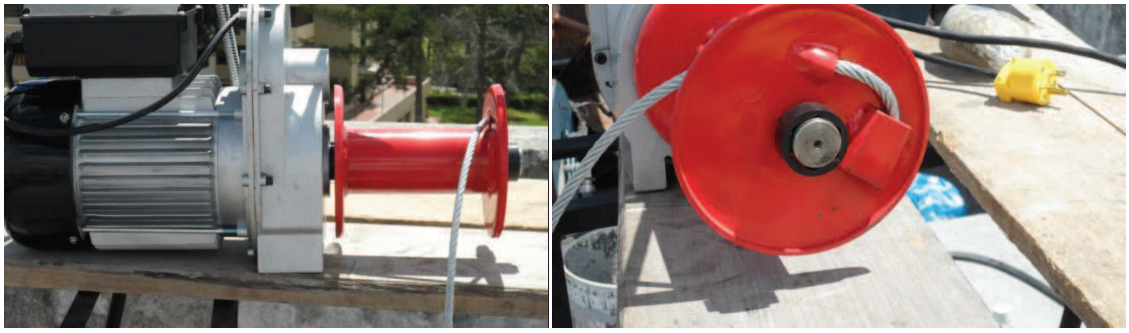
Figura 4.12 Vista lateral y de perfil.

Una vez que esta ubicadas se pone las arandelas de presión y las tuercas se da apriete a la tuercas tanto en la base de concreto como en las demás uniones. El apriete se lo hace hasta lograr una firmeza considerando que tiene que girar 180° sin mayor dificultad. En la **figura 3.13** se muestra el anclaje de la columna.

Figura 4.13 Apriete en la base.

Ubicado la columna y el brazo se cambia de cable al polipasto eléctrico ya que el cable que viene con el equipo es muy pequeño para la altura del edificio de la FIM. Para esto se desarma el tambor del polipasto eléctrico como se muestra en la **figura 4.14** se asegura el cable y se junta de nuevo el polipasto.

Figura 4.14 Cambio de cable



Se asegura el polipasto en el tol de alojamiento, se desciende el cable hacia la parte inferior en donde se engancha la canasta y se eleva hacia la terraza. Usando el gancho que existe en la terraza y por medio de un cable de 8 mm de diámetro se soporta la columna en su parte superior poniendo grilletes en ambos extremos y templando el cable con un tecle manual como se muestra en la **figura 4.15**

Figura 4.15 Cable tensado

Colocada la columna, brazo y el polipasto eléctrico se realiza la conexión bifásica del polipasto, esto se lo hace con la valiosa ayuda de los técnicos de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) mediante la aprobación de una solicitud dirigida al departamento administrativo de la EPN, realizada previamente. En la siguiente **figura 4.16** se muestra a los técnicos realizando la conexión bifásica desde el breakers hasta donde se encuentra instalado el equipo.

Figura 4.16 Instalación toma-corriente.

Una vez hecho todo el montaje se pinta cada una las partes que por causas del montaje sufrieron de raspaduras. Finalmente el equipo queda para realizar el protocolo de pruebas. En la siguiente **figura 4.17** se muestra el elevador terminado listo para realizar el protocolo de pruebas.

Figura 4.17 Elevador instalado.

Vale anotar que una vez realizada las operaciones respectivas en cada uno de los elementos que componen el elevador se lijan manualmente, se los limpia con thinner, se los pinta con pintura base blanca anticorrosiva, y se le da el color que se observa en las fotografías anteriores con pintura de esmalte gris. Para el caso se muestra el procedimiento para la columna en la **figura 4.18**

Figura 4.18 Pintado columna.

4.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez realizado el proceso de construcción y montaje el sistema modular debe realizar los siguientes pasos.

- Verificación de las dimensiones lineales y angulares
- El pandeo del brazo al momento de elevar la carga
- Elección del material a elevar
- Si la canasta pasa libremente el bordillo de la terraza
- Si se enrolla el cable en el tambor de manera uniforme

- Si es suficiente la guía con la cuerda desde la parte inferior
- Verificación de la ubicación de la estructura

Verificación de las dimensiones de la máquina

La máquina está diseñada según las dimensiones y requerimientos descritos para lograr el propósito de elevar materiales del Laboratorio de energías alternativas. Los mismos que mediante una hoja de verificación ubicada en el anexo son comprobados. En la siguiente **tabla 4.1** se indica un ejemplo del protocolo de pruebas a realizarse a la máquina

Tabla 4.1 Protocolo de pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
FECHA DE PRUEBA:			
FECHA DE APROBACIÓN:			
NOMBRE DE LA EMPRESA:			
NOMBRE DE LA MÁQUINA:			
CAPACIDAD DE LA MÁQUINA:			
PERSONAL RESPONSABLE:			
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA			
VERIFICACIÓN DE LA DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMA LA MÁQUINA			
ELEMENTOS		**PASA**	**NO PASA**
Rodamiento de polea			
Polea			
Eje polea			
Pasadores			
Pernos			
Canasta 1500 x 1000 x 800 mm			
Placa base 450 x 455 mm			
Cables de 9 mm y 8 mm			
Guinche			
Perfiles cuadrados (3 in)			
Placas de refuerzos, horizontales, verticales			
Perfiles en “L” (2,5 in)			
VERIFICACIÓN DE LA DIMENSIONES TOTALES DE LA MÁQUINA			
PARÁMETROS	**DIMENSIONES (m)**	**PASA**	**NO PASA**
Altura total	2,25		
Dimensión del brazo	2,05		
Altura al guinche	1,2		
Cimentación	1,5x1,5x0,25		
Apoyo base	1,5		

Placa motor	0,4x0,4		
Placas apoyo	0,15x0,2		
Cable	20		
Placa base	0,3 x0,3		
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA			
SISTEMAS	**TIEMPO DE PRUEBA**	**FALLA**	**NO FALLA**
Sistema de giro y elevación			
Sistema fijo			
Sistema guía			
CONCLUSIONES			
OBSERVACIONES			
EL PROTOTIPO PASA		**EL PROTOTIPO NO PASA**	
Firma de personas responsable		Firma de autorización	

Nota: Ver anexo 12 protocolo de pruebas lleno

Pandeo del brazo

El pandeo del brazo se mide tomando la distancia desde el piso de la terraza hasta el extremo del brazo horizontal que es la suma de la columna (2 m) más el espesor de la base de concreto (0,25 m). Esto se lo hace cuando el elevador está a plena carga y sin carga se tomas tres medidas para obtener un promedio (8 cm)

Elección de la material a elevar

El laboratorio cuenta con equipos que han sido realizados por los estudiantes los cuales deben ser elevados hacia la terraza, sin embargo por ser una carga de prueba se usa elementos que no tiene nada que ver con los equipos de laboratorio los cuales son materiales en desuso del laboratorio hasta completar los 200 kg para los cuales fue diseñado equipo.

Libre movimiento de la canasta

El brazo debe de girar 180° con la canasta enganchada superando el bordillo de 95 cm de la terraza de la FIM. Al poner carga en el brazo este se pandea 8 cm hacia abajo, esta distancia se añade a los 80 cm altura de la canasta, a los 95 cm del bordillo y a los 25 cm del sujeto cable.

Enrollamiento del cable de manera uniforme

Al estar la estructura lista se verificar si existe o no suficiente holgura entre el cable y los perfiles de la estructura, además ver cómo funciona el polipasto eléctrico con carga de 229 kg, si se mueve o vibra durante el desplazamiento vertical, para luego enganchar la canasta con los equipos de prueba a elevarse desde la parte inferior hasta la superior verificando que al envolverse en el tambor no se acumule en un solo punto ya que al resbalarse el cable cause una carga de impacto.

Guía con cuerda desde la parte inferior

Cuando el equipo se carga y comienza a elevarse oscila levemente mientras se está elevando, esta vibración sumada a la presencia del viento puede causar que la canasta tope en las paredes de la fachada por lo que es necesario que la canasta sea guiada con la ayuda de una cuerda con la ayuda de una segunda persona ubicada en la parte inferior, con esto se evitara que la canasta tope con la pared lo cual podría causar que caigan los elementos que se trasladan si estos no están bien asegurados. En la **figura 4.19** se observa inestabilidad de la canasta sin ser guiada.

Figura 4.19 Elevación de carga sin cuerda.

Ubicación de la estructura

El equipo ubicado en la esquina derecha de la fachada posterior de terraza de la FIM, donde se engancha la canasta en la parte inferior del edificio; guiándola adecuadamente por una cuerda desde la parte inferior. Se debe verificar que exista una distancia de 25 cm hasta el bordillo y que la losa este sobre la

columna. En la **figura 4.20** se muestra el lugar recomendado para la instalación del elevador.

Figura 4.20 Ubicación del elevador.

El peso aproximado de la máquina ubicada en el edifico se indica en la siguiente **tabla 4.2**

Tabla 4.2 Peso aproximado de la máquina

PESOS DE PARTES DE LA MÁQUINA			
#	NOMBRE DEL ELEMENTO	MASA (kg)	DIMENSIONES (m)
1	Peso losa	921,5	1,3 x 1,3
2	Placa base	19,4	0,450 x 0,455
3	Columna	27,0	2
4	Placa horizontal (3)	3,1	0,16 x 0,25
5	Placa horizontal 2	1,7	0,125 x 0,2
6	Perfil horizontal	30,4	2,98
7	Perfil inclinado	26,6	2,721
8	Placa refuerzo	0,9	0,14 x0,14
9	Placa vertical	1,4	0,1 x 0,16
10	Conjunto polea	1,8	-
11	Chapa superior	4,2	0,255 x 0,4
12	Chapa inferior	5,4	0,211 x 0,107 x0,4
13	Perfil "I" 1	2,6	1,04
14	Perfil "I" 2	1,9	0,859
15	Perfil "I" 3	1,5	0,678
16	Perfil "I" 4	1,1	0,489
17	Perfil "I" 5	0,6	0,305
18	Placa apoyo	1,4	0,085 x 0,1
19	Placa motor 1	1,1	0,22 x 75
20	Placa motor 2	0,6	0,075 x 0,13
21	Perfil "I" inclinado 1	2,7	1,115

22	Perfil "I" inclinado 2	2,2	0,95
23	Perfil "I" inclinado 3	1,9	0,793
24	Perfil "I" inclinado 4	1,6	0,653
25	Tapa tubo	0,2	0,104
26	Argolla tubo	0,0	0,05
27	Ensamble guinche	10,3	0,505 x 0,2
28	Canasta	28,0	1,5 x 1 x 0,75
29	Perno pasador	1,1	-
30	Tuerca	0,2	-
	Subtotal	**1102,4**	
	Total -menos losa	**180,9**	

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el presente capitulo se procede a realizar un estudio del diseño construcción y montaje del elevador de carga, el objetivo del mismo es determinar la cantidad de recursos económicos a emplearse en el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la máquina.

En el análisis se toma en cuenta los costos directos y los costos indirectos. Dentro del costo total se toma en cuenta costos parciales que son:

- Materia prima
- Elementos normalizados adicionales
- Costo de maquinado
- Costo de montaje

El costo total del elevador de carga es igual a la suma de los costos totales directos y los costos totales indirectos.

4.3.1. ANÁLISIS DE LOS COSTOS TOTALES DIRECTOS

Los costos directos son los gastos que incurren en la compra de materiales, accesorios y equipos utilizados para el funcionamiento de la máquina.

4.3.1.1. COSTOS DE MATERIA PRIMA

Los costos de materia prima son los que generan de la compra de los materiales que se necesitan para la fabricación de los elementos que constituyen la máquina el costo de materia prima se presenta en la siguiente **tabla 4.3**

Tabla 4.3 Costo materia prima.

Material	Cantidad	Valor/unidad(USD)	Valor total (USD)
Perfil estructural circular e= 5 mm; 5"	1	102.36	102.36
Perfil estructural cuadrado e=4 mm; 3"	1	76,10	76,10
Perfil cuadrado e= 2 mm; 1"	4	13,06	52,24
Placa 1/2" (45 x 45) cm	1	21.93	21,93
Tol 5 mm (40 x 60) cm	1	9.35	9,35
Cemento Sacos de 50 Kg	3	7,43	22,29
Varilla Corrugada 12 mm x 12 m	6	12.07	72,42
Perfil "L" 50 mm x 2 mm	2	22	44
alambre # No 18 libras	4	1.28	5,12
acelerante Sika 2 2 Kg	1	4.91	4,91
malla electro-soldada 1.2 x 1.5 m	1	5.2	5,2
electrodos 6011 Kg	20	3.64	54,65
Grasa lubricante	1	4.20	4,20
Placa Horizontal	3	6.53	19.58
Placa Vertical	2	4.18	8.36
		Subtotal	**502,71**

4.3.1.2. COSTO DE ELEMENTOS NORMALIZADOS ADICIONALES

Son aquellos que con llevan la adquisición de los elementos prefabricados bajo distinto tipo de normas y/o características, polipasto eléctrico. Los costos de los elementos normalizados se encuentran en la **tabla 4.4**

Tabla 4.4 Costo elementos Normalizados

Material	Cantidad	Valor/Unidad(USD)	Valor total (USD)
Polipasto eléctrico	1	520	520
Pernos HEX AC. GR 8 UNC 1 X 6"	7	5.70	39.9
Tuerca AC. GR 5 UNC	7	0.72	5.04
Arandela de presión SAE	7	0.29	2.03
Perno HEX AC. GR. 8 UNC 5/16 X4"	10	0.34	3.4
Tuerca AC. GR 5 UNC	10	0.03	0.30
Arandela plana SAE	10	0.02	0.20
Cable de acero 8mm (metros)	20	0,88	17,6
Grilletes para	4	0,80	3,2
Gancho 500 Kg	1	13,95	13,95
Rodamiento cilíndrico De 68mm Di 25 mm	1	6,5	6,5
Resorte 20 Lb	1	6.25	6.25
		subtotal	**618.37**

4.3.1.3. COSTO DE MÁQUINADO

El valor corresponde al costo por hora de las maquinas herramientas para la fabricación de piezas del elevador de carga. Se calculan basándose en el tiempo requerido para la fabricación de los elementos. Estos elementos se presentan en la **tabla 4.5**

Tabla 4.5 Costo máquinado hora

Máquina	Costo por máquina (USD/h)	tiempo total (h)	Costo total por máquina (USD)
Taladro	0,8	3	2,4
Soldadora	2	18	36
Amoladora	1,5	8	12
Sierra	1,5	6	9
Torno- fresadora	6	2	12
Instrumentos de medida	0,45	24	10,8

Oxicorte	2,5	2	5
Camioneta	8	1	8
		Suma total	95,2

Fuente: Tabla de salarios de Cuerpo de Ingenieros del Ejercito

4.3.1.4. COSTO DE MANO DE OBRA

Esto se refiere al costo hora del operario las máquinas herramientas este costo se presenta en la **tabla 4.6** mostrada a continuación

Tabla 4.6 Costo mano de obra directa empleada.

Tipo trabajador	Costo mano de obra (USD/h)	Tiempo (h)	Total (USD)
Albañil	2,806	8	22,448
Electricista	2,806	3	8,418
Pintor	2,831	1	2,831
Soldador	2,963	18	53,334
Tornero fresador	2,963	2	5,926
		Suma total	92,957

Fuente: Tabla de salarios de Cuerpo de Ingenieros del Ejercito

4.3.1.5. COSTO DE MONTAJE

Son aquellos que relacionan la mano de obra ocupado para el ensamble de las partes y piezas que constituyen el elevador la puesta a punto y puesta en funcionamiento del mismo. Los resultados se observan en la **tabla 4.7**

Tabla 4.7 Costo de montaje

Personal	Cantidad	Tiempo	Costo hora (USD/h)	Valor total
Técnico	1	8	2,831	22,648
Ayudante	1	8	2,831	22,648
			Suma total	45,296

Fuente: Tabla de salarios de Cuerpo de Ingenieros del Ejercito.

4.3.2. COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla se muestra la **tabla 4.8** de costo directo total

Tabla 4.8 Costo total directo.

Tipo	Valor (USD)
Materias Primas	**502,71**
Elementos Normalizados	618,37
Costo de Maquinado	95,2
Costo de Personal	92,95
Costo Montaje	45,29
Subtotal 1	1350,32

4.3.3. ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

4.3.3.1. COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS

Estos son los que se generan del uso de materiales secundarios en la construcción de los componentes de la máquina. Los costos de los materiales indirectos se muestran en la siguiente **tabla 4.9**

Tabla 4.9 Costo materiales indirectos.

Material	Cantidad	Valor unitario(USD/cu)	Valor Total (USD)
Lija para hierro	5	0,7	3,5
Pintura anticorrosiva	1	14	14
Thinner	1	6	6
Guaipe	10	0,1	1
Disco de corte	2	5,5	11
Disco de desbaste	2	4,5	9
Guantes	4	1,2	4,8
Varios	-	-	10
		Suma total	59,3

4.3.3.2. COSTOS DE INGENIERÍA

Estos valores se derivan del tiempo y del conocimiento de los ingenieros que interviene en el diseño de la máquina. En el caso del elevador de carga se necesita la participación de profesionales de los cuales desarrollan las siguientes funciones.

- Definición del problema
- Presentación de alternativas
- Selección de alternativas
- Diseño y selección de los elementos de la máquina
- Supervisión y ancho en la construcción
- Supervisión y control en montaje y puesta a punto

El tiempo dedicado al diseño y construcción del prototipo se lo realiza a partir de los parámetros antes mencionados, teniendo en cuenta que los profesionales desarrollan conjuntamente las tareas y con un tiempo en cada una de ellas se detalla a continuación en la **tabla 5.8**

Tabla 4.10 Costo de ingeniería.

Tarea	**Tiempo (semanas)**	**Detalle**
Definición del problema	2	Recopilación de información
Presentación de alternativas	3	Recopilación de parámetros de diseño
Selección de Alternativas	4	Ponderación y selección de alternativas
Diseño y selección de elementos	12	Diseño Mecánico y Selección
Supervisión y control en la construcción	6	Supervisar la construcción
Supervisión y control de montaje	2	Supervisar el montaje del equipo

El costo por hora de un profesional de diseño de máquinas industriales se de 2.5 USD. Trabajando 4 horas diarias durante 29 semanas se tiene un costo de 1350 USD

4.3.3.3. COSTOS IMPREVISTOS

Se relaciona principalmente con los gastos de movilización del personal, el transporte de materiales e impresiones de planos etc. Es decir son aquellos no estaban desconsiderados en un principio para el análisis de costo total. Es tipo de costo se detalla en la **tabla 4.11**

Tabla 4.11 Costos imprevistos.

Imprevistos	**Valor(USD)**
Movilización	4
Transporte	20
Materiales	3
Impresión de planos	12
Materiales Extras	4
Varios	6
Suma	49

4.3.4. COSTO TOTAL INDIRECTO

Valor total de costo indirecto se indica en la tabla **4.12** a continuación

Tabla 4.12 Costo total indirecto.

Componente del Costo	**Valor (USD)**
Materiales	42,3
Costo Ingeniería	1350
Imprevistos	34
Subtotal 2	1426.3

Nota: En el costo total de la máquina no se incluye el costo de ingeniería ya que fue una inversión hecha por los graduandos.

4.3.5. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Resulta de la adición de los costos indirectos esto se indica en la **tabla 5.11**

Tabla 4.13 Costo total indirecto.

Componente	Valor(USD)
Costo Total Directo	1350,32
Costo Total indirecto	76,3
Total	1426,62

Nota: Todas las proformas notas de venta y facturas se encuentran en el anexo 13

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se ha logrado la construcción del elevador de 200 kg y 20 m de capacidad para el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética, el elevador es de fácil uso y requiere dos personas para operarlo.

El diseño cumple con el requerimiento establecido por el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética, está diseñado dentro de estándares de diseño establecidos para mecanismos según los diferentes manuales de diseño utilizados, y se realizó con el conocimiento y aprobación de las diferentes autoridades de la Escuela Politécnica Nacional

La selección, dimensionamiento y construcción de cada uno de los elementos que conforman el elevador de carga se lo realizó utilizando los conocimientos y criterios aprendidos en la carrera de ingeniería Mecánica

Las juntas empernadas empleadas para la unión en los diferentes pasadores se realizaron bajo el procedimiento descrito en el libro de SHIGLEY, Joseph; Manual de Diseño Mecánico.

No se puede mantener un control completo de la canasta siempre existe una vibración al momento de subir o bajar la carga y siempre es necesario que se guiado por una cuerda con la ayuda de una segunda persona quien sostiene la misma en la parte inferior del edificio con el fin de evitar que tope la pared del edificio.

El sistema de protección superficial empleado garantiza una buena vida útil del mecanismo pues no se va a sufrir gran pérdida de material por agrietamiento o por efectos de la corrosión.

5.2. RECOMENDACIONES

El proceso de almacenamiento de las diferentes partes del elevador debe priorizar el cuidado de los mismos de manera que minimicen los gastos innecesarios en mantenimiento, y alarguen la vida útil de los mismos.

Cada vez que se vaya a usar el elevador se debe colocar la cinta de seguridad en un perímetro de 6 metros a la redonda con el fin de prevenir la posibilidad de un accidente ya que se puede caer algún elemento que se transporte, así mismo la persona que guie la canasta desde abajo debe colocarse a una distancia prudente de la misma.

Para el manejo del equipo elevador es recomendable que estén como mínimo dos personas una en la parte superior y otra en la parte inferior, de esta manera se optimiza el uso del elevador, se asegura el buen uso del mismo y se minimiza la posibilidad de que se produzca un accidente.

En lo posible no parar el polipasto eléctrico cuando este suba o baje ya que esto hace que exista vibración en la columna y brazo del elevador, lo cual fatiga a los pernos embebidos en la losa.

Para alagar la vida del polipasto eléctrico es recomendable guardarlo en un lugar seco e instalarlo en el elevador cada vez que se vaya a usar el mismo, con eso se evita que ingresen partículas de polvo y agua que pueden dañar sus componentes electrónicos, para ello el polipasto tiene un sistema de fácil acoplamiento

La persona que está operando el polipasto eléctrico debe estar pendiente de la forma como se envuelve el cable en el tambor, esta debe ser uniforme a lo largo del mismo, ya que es posible que si se envuelve en un solo punto exista un deslizamiento de este y provoque un movimiento brusco que provoque una carga de impacto no deseada en el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- [23] Budynas, R. G. & Nisbett, K. (Ed.). (1995). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8va ed.). México: Editorial McGraw- Hill. (Pág.897-902)
- [27] Gere, J. M. (Ed.). (2005). *Mecánica de materiales* (6ta ed.). México: Internacional Editores S.A. (Pág.749-750, 773)
- [12] Larrodé, E. & Miravete, A. (1998). *Grúas* (1era ed.). España: Editorial Reverté. (Pág.63)
- [17] McCormac, J. C. (Ed.). (2002). *Diseño de estructuras de acero* (2da ed.). México: Alfa omega Grupo Editor S.A. (Pág.41-50)
- [10] Meriam, J. L. (Ed.). (1976). *Estática* (2da ed.). España: Editorial Reverté. (Pág.119)
- [1] Miravete, A & Larrodé, E. (2007). *Elevadores: Principios e innovaciones*. España: Editorial Reverté S.A. (Pág.46, 47, 71-82)
- [25] Norma DIN 4130 (Pág.)
- [20] Riba, R. (2002). *Diseño concurrente*. España: Editorial UPC. (Pág. 85-86, 54-60)
- [22] Pezzano, P. & Klein, A. (1960). *Elementos de máquinas III* (4ta ed.). España: Editorial El Ateneo. (Pág.263-274)
- [21] Shigley, J. E. & Mitchell, L. (Ed.). (1985). *Manual de diseño mecánico* (4ta ed.). México: Editorial McGraw-Hill. Tomo I. (Pág.11-12, 729-730, 77, 307, 736, 825)
- [28] Tomado de: GUÍA PARA EL DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE Y LLAVES DE CORTE
- [16] Yuan-yu, H. (Ed.). (1970). *Teoría elemental de estructuras*. Taiwan: Editorial Prentice-Hall Inc. (Pág.2)

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

- [2] Wikipedia (2012). *Grúa (máquina).* Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_%28m%C3%A1quina%29
- [3] Monografías.com. (2012). *Grúa torre.* Recuperado de http://www.monografias.com/trabajos32/grua-torre/grua-torre.shtml

- [4] Wikipedia (2012). *Crane (máquina).* Recuperado de http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Crane_(machine)
- [5] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (2012). *Tipos de grúas.* Recuperado de www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp_736.pdf
- [6] Manzanillo Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (2012). *Operación de grúas.* Recuperado de http://www.puertomanzanillo.com.mx/php/esp/seccion-01.php?eCodSeccion=2110485
- [7] Artículos Informativos (2012). *Grúa de construcción.* Recuperado de http://www.articulosinformativos.com.mx/Grua_de_Construccion-a853591.html
- [8] Ingenieroambiental.com (2012).*Clasificación de grúas.* Recuperado de http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=3938
- [9] Shanglong International (2012). *Grúa sobre orugas.* Recuperado de http://www.chn-truck.es/3-crawler-crane.html
- [11] Van beest (2012). *Catálogo de ganchos.* Recuperado de http://www.vanbeest.nl/public/files/catalogue/.../CapEDtulo09_Ganchos.pdf...
- [13] Wikipedia (2012). *Polea.* Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Polea
- [14] Mcgraw-hill (2012). *Motores eléctricos.* Recuperado de http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf
- [15] Departamento de Tecnología del IES Fuente Nueva (2012). *Maquinas térmicas.* Recuperado de http://www.tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/../maquinas_termicas.pdf
- [18] Arquba (2012). *Anclajes.* Recuperado de http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/anclajes/
- [19] Es-scribd (2012). *Elementos de trasmisión por cables metálicos.* Recuperado de http://pdf.directindustry.es/pdf/abus/pescante-giratorio/14275-83037-_24.html
- [24] Full Mecánica (2012). *Libros electrónicos.* Recuperado de http://www.fullmecanica.com/c/cables-metalicos
- [26] Abus (2012). *Catálogo de polipastos eléctricos.* Recuperado de http://www.scribd.com/doc/66463518/Livro-Erns
- [29] Nebrija (2012). *Lubricación.* Recuperado de http://www.nebrija.es~alopezroLubricacion.pdf

ANEXOS

ANEXO A-1
Tabla de DIPAC
(Perfil cuadrado)

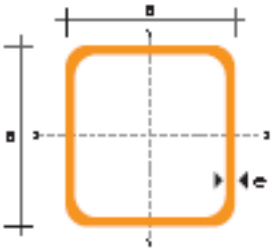
DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

TUBO ESTRUCTURAL
CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2.0mm a 3.0mm

DIMENSIONES			AREA	EJES X-X e Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm 4	W cm 3	I cm
20	1,2	0,72	0,90	0,59	0,59	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,94	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,03	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,95	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,43	1,13	0,92
90	1,2	1,09	1,93	1,91	1,23	1,13
90	1,5	1,95	1,65	2,19	1,48	1,15
90	2,0	1,73	2,14	2,71	1,81	1,19
40	1,2	1,47	1,80	4,93	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,43	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	8,99	9,48	1,54
40	9,0	9,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,08	4,42	1,97
50	2,0	9,09	9,74	14,19	5,65	1,94
50	9,0	4,43	5,61	21,20	8,43	1,91
60	2,0	9,66	9,74	21,28	7,09	2,99
60	9,0	5,42	6,61	95,08	11,69	2,94
75	2,0	4,52	5,74	50,47	19,48	2,97
75	9,0	6,71	8,41	71,54	19,03	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,93	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	9,99
100	9,0	9,17	11,41	178,95	95,99	9,94
100	4,0	12,19	14,95	228,09	45,22	9,89
100	5,0	14,40	18,98	270,57	54,11	9,84



ANEXO A-2

Factores mínimos de seguridad para cables

Track cables	3.2
Guys	3.5
Mine shafts, ft:	
Up to 500	8.0
1000–2000	7.0
2000–3000	6.0
Over 3000	5.0
Hoisting	5.0
Haulage	6.0
Cranes and derricks	6.0
Electric hoists	7.0
Hand elevators	5.0
Private elevators	7.5
Hand dumbwaiter	4.5
Grain elevators	7.5

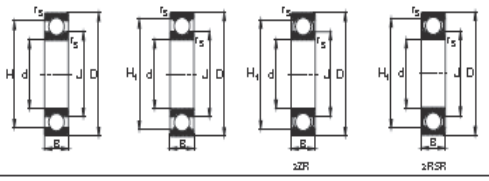
Passenger elevators, ft/min:	
50	7.60
300	9.20
800	11.25
1200	11.80
1500	11.90
Freight elevators, ft/min:	
50	6.65
300	8.20
800	10.00
1200	10.50
1500	10.55
Powered dumbwaiters, ft/min:	
50	4.8
300	6.6
500	8.0

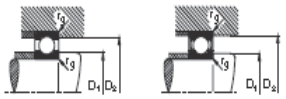
*Use of these factors does not preclude a fatigue failure.

ANEXO A-3
Rodamiento de la FAG
(Rodamiento de bolas)

Rodamientos FAG rígidos de bolas
de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada, si $C_0/T_1 \geq 8$, ver Pág. 61.





Eje	Dimensiones							Peso	Capacidad de carga		Velocidad límite	Velocidad de referencia	Denominación abreviada	Medidas auxiliares		
	d	D	B	r_{s} mín.	H ≈	H_1 ≈	J ≈	≈	dyn. C	stat. C_0			Rodamiento	D_1 mín.	D_2 máx.	r_{as} máx.
	mm							kg	kN		mín^{-1}		FAG	mm		
20	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,105	12,7	6,55	19000	19000	6204	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,105	12,7	6,55	19000	19000	S6204-W20DB	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,109	12,7	6,55	15000	19000	6204-2ZR	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,109	12,7	6,55	10000		6204-2RSR	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,108	12,7	6,55	10000		S6204-2RSR-W20DB	25,6	41,4	1
	20	47	14	1	34,4	41	28,9	0,129	12,7	6,55	10000		62204-2RSR	25,6	41,4	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,2	0,151	16	7,8	24000	19000	6304	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,2	0,154	16	7,8	24000	19000	S6304-W20DB	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,2	0,148	16	7,8	14000	19000	6304-2ZR	27	45	1
	20	52	15	1,1	41,9	44,4	30,2	0,198	16	7,8	9500		6304-2RSR	27	45	1
	20	52	21	1,1	42,1	44,4	30,2	0,209	16	7,8	9500		62304-2RSR	27	45	1
	20	72	19	1,1	55		37	0,415	30,5	15	20000	15000	6404	29	59	1
25	25	47	9	0,3	39,7	41,1	32,2	0,085	7,2	4,75	19000	14000	16005	27	45	0,3
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,09	10	5,85	20000	17000	6005	29,2	42,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,095	10	5,85	20000	17000	S6005-W20DB	29,2	42,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,095	10	5,85	15000	17000	6005-2ZR	29,2	42,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,095	10	5,85	10000		6005-2RSR	29,2	42,8	0,6
	25	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,095	10	5,85	10000		S6005-2RSR-W20DB	29,2	42,8	0,6
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,139	14	7,8	17000	17000	6205	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,139	14	7,8	17000	17000	S6205-W20DB	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,132	14	7,8	14000	17000	6205-2ZR	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,132	14	7,8	9000		6205-2RSR	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,132	14	7,8	9000		S6205-2RSR-W20DB	30,6	46,4	1
	25	52	15	1	43,6	46,4	33,5	0,132	14	7,8	9000		62205-2RSR	30,6	46,4	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	39,4	0,236	22,4	11,4	24000	15000	6305	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	39,4	0,227	22,4	11,4	24000	15000	S6305-W20DB	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	39,4	0,24	22,4	11,4	11000	15000	6305-2ZR	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	39,4	0,238	22,4	11,4	7500		6305-2RSR	32	55	1
	25	62	17	1,1	50,2	52,5	39,4	0,248	22,4	11,4	7500		S6305-2RSR-W20DB	32	55	1
	25	62	24	1,1	50,2	52,5	39,4	0,272	22,4	11,4	7500		62305-2RSR	32	55	1
	25	80	21	1,5	59,1		45,4	0,55	26	19,3	22000	14000	6405	36	69	1,5
30	30	55	9	0,3	47,5	49,6	37,7	0,095	11,2	7,65	16000	12000	16006	32	53	0,3
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,2	0,122	12,7	8	22000	15000	6006	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,2	0,109	12,7	8	22000	15000	S6006-W20DB	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,2	0,125	12,7	8	12000	15000	6006-2ZR	34,6	50,4	1
	30	55	13	1	47,2	49,2	38,2	0,125	12,7	8	9500		6006-2RSR	34,6	50,4	1

Bajo demanda también con suministrables otras ejecuciones, no duden en contactarnos.

ANEXO A-4

DIPAC

Propiedades perfil “L

ANGULOS "L" DOBLADO

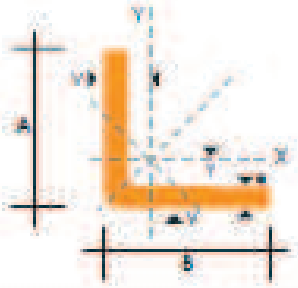
DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

PERFILES ESTRUCTURALES

ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	IRAM-IAS U 500-3000
Otras calidades	Previo consulto
Largo comercial	6,00 m
Tolerancias	Previo consulto
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabados	Natural
Otras medidas	Previo consulto



DIMENSIONES			PESOS			EJE X-X		EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	c metros	1 metro	sección	I	W	I	X-Y	I	I
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.58	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.56	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.54	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.19	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.76
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.56	1.23	1.19	1.56	0.73
40	40	5	19.62	2.62	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.88	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.96	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.92
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.39	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.78	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.38	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.48
80	80	10	68.94	11.49	14.38	84.94	15.38	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales bajo Pedido.

ANEXO A-5

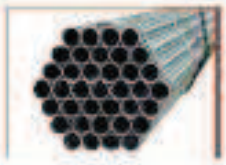
IPAC

Propiedades perfil circular

Tubo Estructural: Redondo

ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Normal: 6 m
Recubrimiento: Negro o Galvanizado
Dimensiones: Desde 3/4 a 6 plg
20 a 150 mm
Espesores: Desde 1.5 a 6 mm
Calidad del Acero: JIS G3132 SPHT-1
ASTM A 569
Observaciones: Otras dimensiones y largos previa consulta



DIMENSIONES			PESO	AREA	PROPIEDADES			
DIÁMETRO EXTERIOR (D)		e	P	A	I	W	i	
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm2	cm4	cm3	cm	
3/4	19.05	1.5	3.90	0.83	0.32	0.34	0.62	
		2.0	5.04	1.07	0.39	0.41	0.61	
7/8	22.22	1.5	4.62	0.98	0.53	0.47	0.73	
		2.0	6.00	1.27	0.66	0.59	0.72	
1	25.40	1.5	5.26	1.13	0.81	0.64	0.85	
		2.0	6.90	1.47	1.01	0.80	0.83	
1 1/4	31.75	1.5	6.72	1.43	1.63	1.03	1.07	
		2.0	8.82	1.87	2.06	1.31	1.05	
1 1/2	38.10	1.5	8.10	1.72	2.99	1.57	1.30	
		2.0	10.68	2.27	3.71	1.95	1.28	
1 3/4	44.45	1.5	9.54	2.02	4.67	2.10	1.52	
		2.0	12.54	2.67	6.01	2.71	1.50	
1 7/8	47.63	1.5	10.32	2.17	5.79	2.43	1.63	
		2.0	13.62	2.87	7.48	3.14	1.61	
2	50.80	1.5	10.90	2.31	7.06	2.78	1.74	
		2.0	14.46	3.07	9.14	3.60	1.72	
		3.0	21.24	4.51	12.92	5.09	1.69	
2 3/8	60.33	1.5	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08	
		2.0	17.28	3.66	15.66	5.17	2.06	
		3.0	25.44	5.40	22.26	7.38	2.14	
2 1/2	63.50	1.5	13.74	2.92	14.05	4.42	2.19	
		2.0	18.18	3.86	18.29	5.76	2.18	
		3.0	26.88	5.70	26.15	8.24	2.14	
3	76.20	1.5	16.56	3.75	26.10	6.85	2.64	
		2.0	21.96	4.66	32.11	8.43	2.62	
		3.0	32.52	6.90	46.28	12.15	2.59	
4	101.60	2.0	29.46	6.26	77.63	15.28	3.52	
		3.0	43.74	9.29	113.04	22.25	3.49	Nuevo!
		4.0	57.78	12.26	146.28	28.80	3.45	
5	127.00	4.0	72.60	15.46	290.61	46.08	4.35	Nuevo!
		5.0	90.00	19.16	357.14	56.24	4.32	
6	152.40	3.0	112.75	11.97	629.54	82.62	5.21	Nuevo!
		6.0	135.30	14.36	746.07	97.19	5.18	

NORMA INTERNA

Tolerancias:
ø 3/4 - ø 1 3/4 ± 0.50% diámetro nominal
ø 1 7/8 - ø 3 ± 0.75% diámetro nominal
Variación Longitud: +0 mm
-10 mm
Rectitud: 0.4% de longitud (máximo)
Ovalamiento: 1% diámetro nominal (máximo)
Ductilidad:
Abocardado: 25% diámetro nominal
Aplastamiento: Total
Doblado: 90° con radio interior mínimo 6 veces el diámetro nominal

APLICACIONES

Usos Estructurales
- Estructuras para invernaderos
- Cerramientos
- Cubiertas espaciales
- Juegos infantiles en plazas y parques
- Pasamanos
- Fabricación de andamios
- Tubos para postes de luz

Otros usos
- Bastidor automóviles
- Guardachoques - Matabarros
- Manijas para carretillas
- Canchas deportivas (arcos fútbol, postes volley ball)
- Estructuras para interiores
- Máquinas para gimnasio
- Asientos para vehículos
- Fabricación de maquinaria industrial

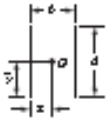
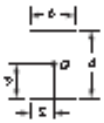
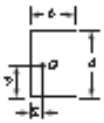
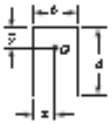
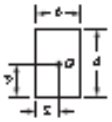
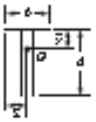
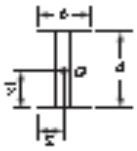
NOMENCLATURA

A= Area de la sección transversal del tubo, cm2 W= Módulo resistente de la sección, cm3
I= Momento de Inercia de la sección, cm4 i= Radio de giro de la sección, cm

ANEXO A-6

Propiedades de flexión de soldadura

Bending Properties of Fillet Welds*

Weld	Throat Area	Location of G	Unit Second Moment of Area
	$A = 0.707hd$	$x = 0$ $y = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$x = \frac{b^2}{2b + d}$ $y = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$x = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$x = b/2$ $y = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi rt$		$I_u = \pi r^3$

*I_u unit second moment of area, is taken about a horizontal axis through G, the centroid of the weld group, A is weld size, the plane of the bending couple is normal to the plane of the paper and parallel to the y-axis, all welds are of the same size.

ANEXO A-7

Pernos (varillas roscadas de anclaje)

WEDGE-ALL® *Anclajes de cuña*

SIMPSON StrongTie ANCHOR SYSTEMS

Cargas de corte para anclajes de acero al carbono Wedge-All® (y para alambres) en concreto de peso normal

Tamaño pulg. (mm)	Prof. de empotramiento pulg. (mm)	Dist. al borde mínima pulg. (mm)	Separación mínima pulg. (mm)	Carga de corte					Torque de instal. pies-libras (N-m)
				Concreto f'c ≥ 2,000 LPPC (13.8 MPa)			Concreto f'c ≥ 3,000 LPPC (20.7 MPa)	Concreto f'c ≥ 4,000 LPPC (27.6MPa)	
				Última libras (lb)	Desv. estándar libras (lb)	Admisible libras (lb)	Admisible libras (lb)	Admisible libras (lb)	
1/4 (6.4)	1⅛ (29)	2⅛ (54)	1⅛ (41)	920 (4.1)	47 (0.2)	230 (1.0)	230 (1.0)	230 (1.0)	8 (10.8)
	2¼ (57)	2⅛ (54)	3⅛ (79)	-	-	230 (1.0)	230 (1.0)	230 (1.0)	
3/8 (9.5)	1¾ (44)	3¾ (95)	2⅛ (60)	2,230 (10.1)	96 (0.4)	570 (2.5)	570 (2.5)	570 (2.5)	30 (40.7)
	2⅜ (67)	3¾ (95)	3⅛ (92)	4,220 (18.8)	384 (1.7)	1,055 (4.7)	1,055 (4.7)	1,055 (4.7)	
	3⅛ (98)	3¾ (95)	4¾ (121)	-	-	1,055 (4.7)	1,055 (4.7)	1,055 (4.7)	
1/2 (12.7)	2¼ (57)	5 (127)	3⅛ (79)	6,550 (29.2)	350 (3.8)	1,485 (6.8)	1,485 (6.8)	1,625 (7.2)	60 (81.8)
	3⅛ (98)	5 (127)	4¾ (121)	8,160 (36.8)	330 (3.9)	1,675 (7.5)	1,850 (8.2)	2,020 (9.0)	
	4⅛ (114)	5 (127)	6¾ (159)	-	-	1,675 (7.5)	1,850 (8.2)	2,020 (9.0)	
5/8 (15.9)	2¾ (70)	6¾ (159)	3⅛ (98)	8,720 (38.8)	1,699 (7.6)	1,620 (7.2)	1,900 (8.5)	2,180 (9.7)	90 (122.0)
	4⅛ (114)	6¾ (159)	6¾ (159)	12,570 (55.9)	396 (1.8)	2,280 (10.4)	2,740 (12.2)	3,145 (14.0)	
	5⅛ (140)	6¾ (159)	7¾ (197)	-	-	2,280 (10.4)	2,740 (12.2)	3,145 (14.0)	
3/4 (19.1)	3⅛ (98)	7⅛ (191)	4¾ (121)	11,260 (50.5)	792 (3.5)	2,340 (12.8)	2,340 (12.8)	2,340 (12.8)	150 (208.4)
	5 (127)	7⅛ (191)	7 (178)	18,480 (82.0)	1,921 (8.5)	4,610 (20.5)	4,610 (20.5)	4,610 (20.5)	
	6¾ (171)	7⅛ (191)	9¾ (241)	-	-	4,610 (20.5)	4,610 (20.5)	4,610 (20.5)	
7/8 (22.2)	3⅛ (98)	8¾ (222)	5⅛ (187)	18,760 (81.2)	2,059 (9.2)	8,440 (15.8)	8,440 (15.8)	8,440 (15.8)	200 (271.2)
	7⅛ (200)	8¾ (222)	11 (279)	22,300 (99.2)	477 (2.1)	5,575 (24.8)	5,575 (24.8)	5,575 (24.8)	
1 (25.4)	4⅛ (114)	10 (254)	6¾ (159)	22,519 (100.2)	1,155 (5.1)	5,780 (25.5)	5,780 (25.5)	5,780 (25.5)	300 (406.7)
	9 (229)	10 (254)	12⅝ (321)	25,380 (112.9)	729 (3.2)	6,345 (28.2)	6,345 (28.2)	6,345 (28.2)	
1¼ (31.8)	5⅛ (148)	12⅝ (318)	7⅛ (200)	29,820 (130.4)	2,099 (9.8)	7,380 (32.8)	7,380 (32.8)	7,380 (32.8)	400 (542.3)
	9⅛ (241)	12⅝ (318)	13¾ (337)	-	-	7,380 (32.8)	7,380 (32.8)	7,380 (32.8)	

1. Las cargas admisibles enumeradas se basan en un coeficiente de seguridad de 4.0.
2. Las cargas admisibles se pueden incrementar un 33% por ciento para una carga a corto plazo, debido a las fuerzas de viento o sísmicas, cuando lo permita el código.
3. Consulte los coeficientes de ajuste de las cargas admisibles en las páginas 144, 145 y 147 para conocer los distancias al borde y de separación.
4. El diámetro de broca utilizado en el material base es correspondiente al diámetro del anclaje nominal.
5. Se pueden interpolar linealmente las cargas admisibles entre las resistencias al concreto mencionadas.
6. Las cargas admisibles para el tamaño de ⅜ pulg. a un empotramiento de 1 ⅝ pulg. se aplican al anclaje tanto para alambres como Wedge-All. El torque de instalación no se aplica al anclaje para alambres.
7. El espesor del concreto mínimo equivale a 1 ½ veces la profundidad de empotramiento.

*Consulte la página 10 para obtener una explicación de los iconos de las tablas de cargas.

© 2015 SIMPSON STRONG-TIE COMPANY INC.

ANEXO A-8

Pernos (Dimensiones áreas roscas métricas paso fino y paso basto)

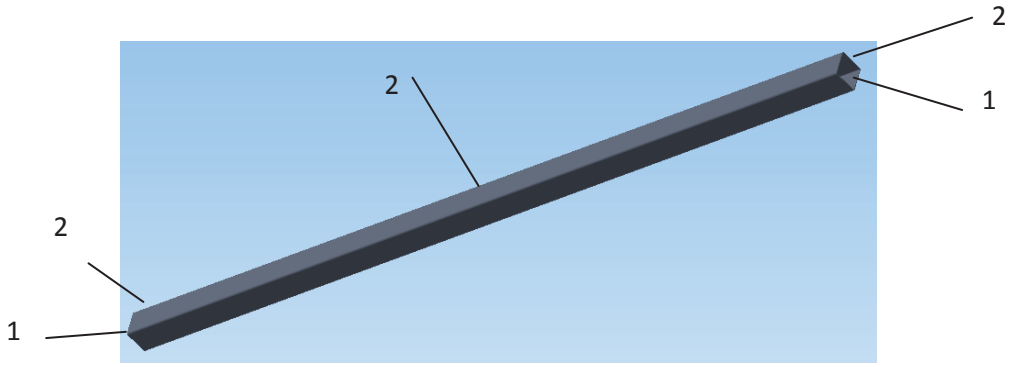
Size Designation	Nominal Major Diameter in	Coarse Series—UNC			Fine Series—UNF		
		Threads per Inch N	Tensile-Stress Area A_t in^2	Minor-Diameter Area A_r in^2	Threads per Inch N	Tensile-Stress Area A_t in^2	Minor-Diameter Area A_r in^2
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

*This table was compiled from ANSI B1.1-1974. The minor diameter was found from the equation $d_r = d - 1.299\,038p$, and the pitch diameter from $d_p = d - 0.649\,519p$. The mean of the pitch diameter and the minor diameter was used to compute the tensile stress area.

Anexo 9
Planos de cimentación

ANEXO A-10
Hoja de procesos

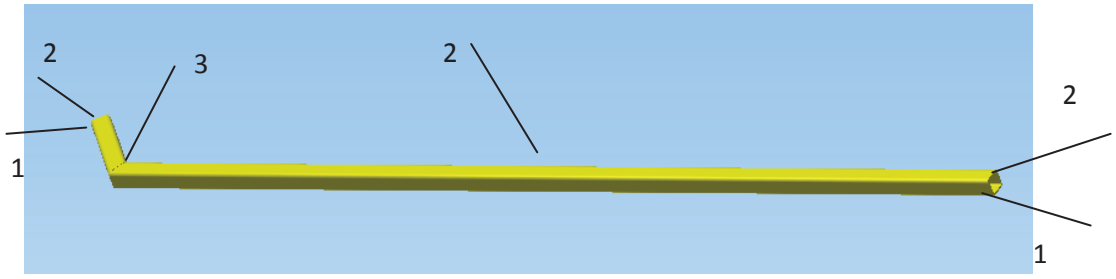
HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 250 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
horizontal	1	Brazo	ASTM A-36	75x75x 6000 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
CORTE	10	11	Puesta a punto		N/A	CP	Ac.		60
		12	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		13	Moletear 2						
	20	21	Dar la vuelta la pieza		N/A	CP			10
		22	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		23	Moletear 2		N/A	CP	Ac.		60

CODIGO UTILES: CP = cortadora de Perfil Ac=Acabado	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS** **INGENIERÍA MECÁNICA** **EPN**

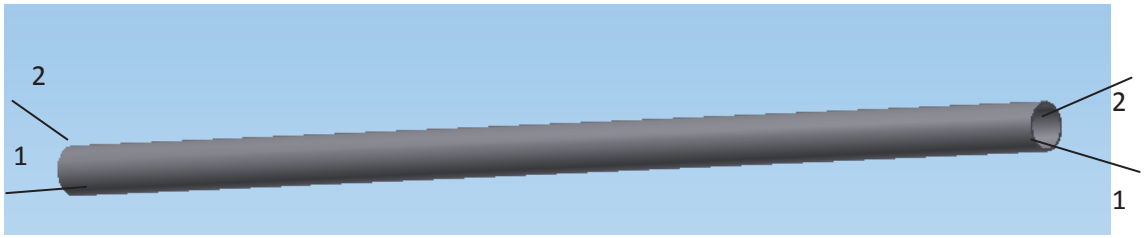
HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 1120 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
horizontal	1	Apoyo Brazo	ASTM A-36	75x75x 6000 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
CORTE	10	11	Puesta a punto		N/A	CP	Ac.		60
		12	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		13	Moletear 2						
	20	21	Dar la vuelta la pieza		N/A	CP			10
		22	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		23	Moletear 2		N/A	CP	Ac.		60
	30	31	Preparar bisel		N/A				300
		32	Cortar 45° 1		N/A	CP	Ac.		60
		33	Moletear 2		N/A				60
		34	Soldar 3		N/A				600

CODIGO UTILES: CP = cortadora de Perfil Ac=Acabado	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS** **INGENIERÍA MECÁNICA** **EPN**

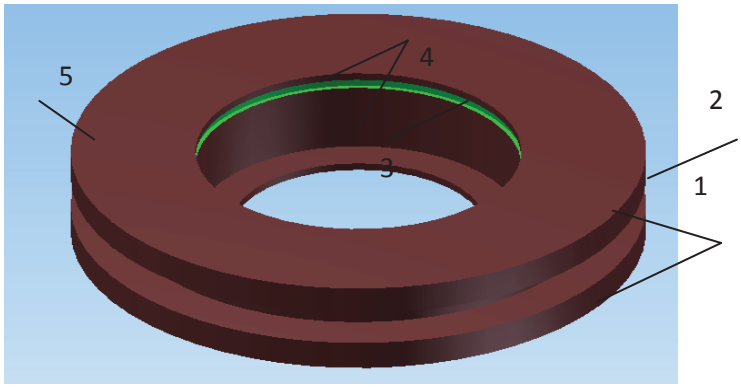
HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 610 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Columna	ASTM A-36	127x127x 6000 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
CORTE	10	11	Puesta a punto		N/A	CP	Ac.		60
		12	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		13	Moletear 2						
	20	21	Dar la vuelta la pieza		N/A	CP			10
		22	Cortar 1		N/A	CP	Ac.		60
		23	Moletear 2		N/A	CP	Ac.		60
	30	31	Preparar bisel		N/A				300
		32	Moletear 2		N/A	CP	Ac.		60

CODIGO UTILES: CP = cortadora de Perfil Ac=Acabado	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS** **INGENIERÍA MECÁNICA** **EPN**

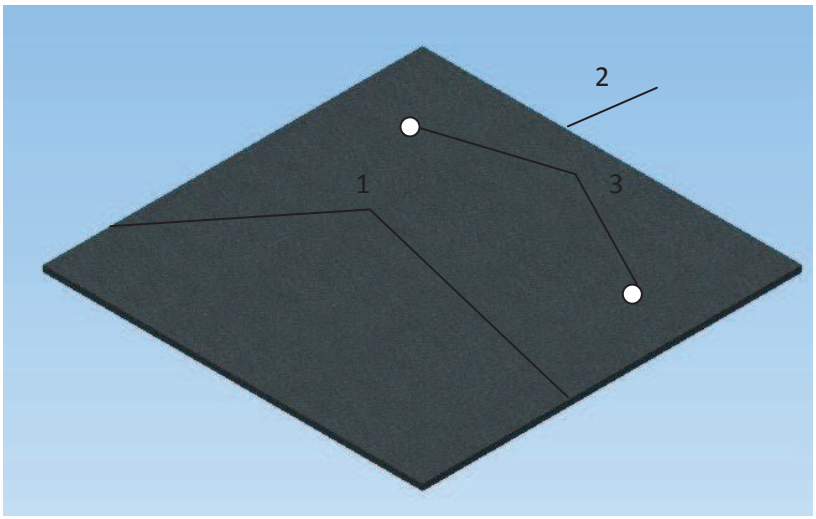
HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 2250 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Eje polea	AISI-SAE 1045	Φ120x 25 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
Torno	10	11	Puesta a punto						60
		12	Refrenar 1			CRE	Ac.		120
		13	Cilindrar 4			CRE	D		300
		14	Chaflanar 2			CRE	D		400
		15	Ranurar 3 (2x 45°)			CFE	Ac.		500
	20	21	Dar la vuelta la pieza						10
		22	Refrenar 1			CRE	Ac.		60
		23	Cilindrar 4			CRE	D		
		24	Chaflanar 2			CRE	D		60
FRESADORA	10	11	Puesta a punto						60
		12	Fresar 5			F	D		600

CODIGO UTILES:	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS**
CRE = Cuchilla de refrentado de exteriores	**INGENIERÍA MECÁNICA**
CRF = Cuchilla de forma para de exteriores	**EPN**
Ac=Acabado	
D= Dimensionar F=Fresa	

HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 850 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Placa base	ASTM A-36	250x150x 12 mm	



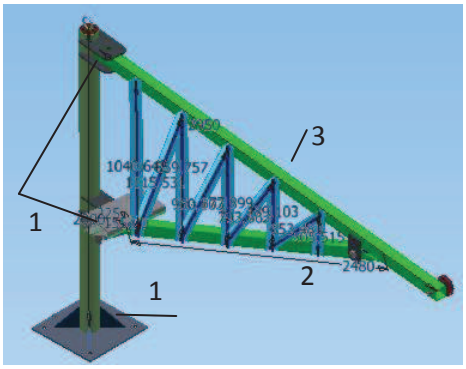
FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
CORTE	10	11	Puesta a punto						
		12	Cortar 1			D	Ac.		60
		13	Moletear 2			M	Ac.		60
	20	21	Dar la vuelta la pieza			CP			10
		22	Cortar 1			CP	Ac.		60
		23	Moletear 2			CP	Ac.		60
TALADRO	30	31	Centrar						300
		32	taladrar 3			T	Ac		300

CODIGO UTILES:
CP = cortadora de Perfil
Ac=Acabado
D= Dimensionar
M=Moletear
T= Taladrar

MÁQUINAS HERRAMIENTAS

INGENIERÍA MECÁNICA

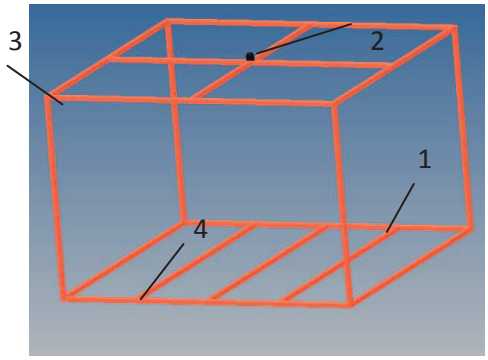
				EPN	
HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 850 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Columna completa	ASTM A-36	250x150x 12 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
SOLDADURA	10	11	Puesta a punto	1					
		12	Soldar 1			D	Ac.		60
		13	Moletear 2			M	Ac.		60
	20	21	Dar la vuelta la pieza			CP			10
		22	Soldar 1			CP	Ac.		60
		23	Moletear 2			CP	Ac.		60
		24	Limpiar 3						

CODIGO UTILES: CP = cortadora de Perfil Ac=Acabado D= Dimensionar M=Moletear	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS** **INGENIERÍA MECÁNICA** **EPN**

HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 4450 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Canasta	ASTM A-36	1500x1500x 1000 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
CORTE	10	11	Puesta a punto						
		12	Cortar 1			D	Ac.		60
		13	Moletear 3			M	Ac.		60
	20	21	Dar la vuelta la pieza			CP			10
		22	Cortar 1			CP	Ac.		60
		23	Moletear 3			CP	Ac.		60
TALADRO	30	31	Posicionar						300
		32	taladrar 2			CP			300
SOLDADORA	40	41	Limpiar superficie						
		41	Preparar bisel						
		42	Soldar 4			S			3600

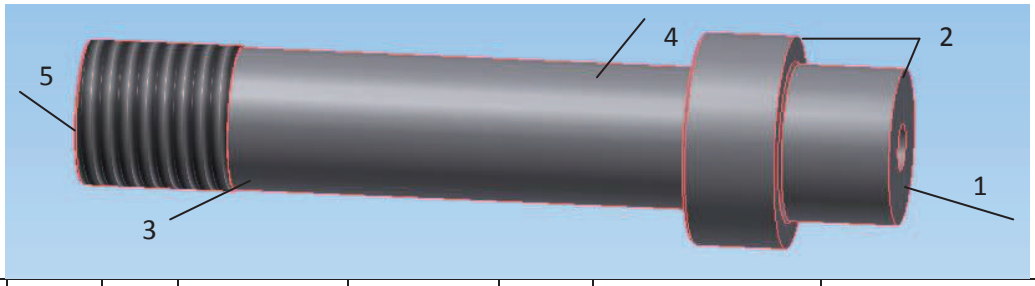
CODIGO UTILES:
CP = cortadora de Perfil
Ac=Acabado
D= Dimensionar
M=Moletear S=soldar

MÁQUINAS HERRAMIENTAS

INGENIERÍA MECÁNICA

EPN

HOJA DE PROCESOS				**HOJA N°**	
Nombre de la unidad: mismo de plano de taller				TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN: 2750 s	
POSICIÓN	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES EN BRUTO	OBSERVACIONES
Horizontal	1	Eje polea	AISI-SAE 1045	Φ30 x 300 mm	



FASE	SUB FASE	N°	OPERACIONES	CROQUIS	n rpm	UTILES		TIEMPOS	
						TRABAJO	CONTROL	EMPLEADO	MÁXIMO
Torno	10	11	Puesta a punto						60
		12	Refrenar 1			CRE	Ac.		120
		13	Cilindrar 4			CRE	D		300
		14	Chaflanar 2			CRE	D		400
		15	Ranurar 3 (2x 45°)			CFE	Ac.		500
	20	21	Dar la vuelta la pieza						10
		22	Refrenar 1			CRE	Ac.		60
		23	Cilindrar 4			CRE	D		60
		24	Chaflanar 2			CRE	D		500
		26	roscar			CFE	Ac.		
FRESADORA	10	11	Puesta a punto						60
		12	Fresar 5			F	D		600

CODIGO UTILES:	**MÁQUINAS HERRAMIENTAS**
CRE = Cuchilla de refrentado de exteriores	**INGENIERÍA MECÁNICA**
CRF = Cuchilla de forma para de exteriores	**EPN**
Ac=Acabado	
D= Dimensionar; F= Fresa	

ANEXO A-11

Especificación técnica WPS

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Especificación del Proceso de soldadura

Nombre Compañía: EPN
PQR N°: xxxxxxxx
Según norma: ASME IX-2001

N° Identificación: EPN 001
Fecha: 23/09/2013
Organización: Escuela Politécnica Nacional

Articulo I Junta Utilizada
Tipo de junta: Vee Groove Weld
Abertura raíz: 1.6 mm (+0.4-0.0 mm)
Talón: 2 mm (+0,5, -0.5mm)
Ángulo de ranura: 60° (+10°,-10°)
Placa de respaldo: si no x
Preparar bisel: si no x
Método: Oxicorte o con biseladora

Articulo II Técnica de Soldadura
Proceso de Soldadura: SMAW
Tipo de soldadura
Manual x Semiautomática
Automática
Soldadura a: un lado x a dos lados
Cordón de respaldo: si x no
Limpieza:
Pase raíz: Amoladora
Pase siguientes: Cepillo metálico

Articulo III Metal base
Especificación: ASTM A 106 Gr. B
Espesor: 12 mm (1/2 inch)
Diámetro: 127 mm aprox.

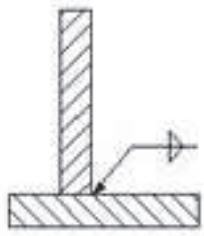
Artículo V Posición de Soldadura
Posición de soldadura:
Progresión: descendente
Técnica: un pase Varios pases x

Artículo IV metal de aporte
Diámetro: 8.0 y 9.0 mm
Denominación: E 6010
Casa comercial: LINCOLN
Denominación comercial: 5P +

Precalentamiento N/A
Tiempo entre pases N/A

Artículo VI Notas
- Verificación de la junta
- Asegurar limpieza de las partes

Detalle de la junta



N° de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (voltios)	Vel. de avance (mm/min)	Técnica de soldadura	
	clase	Diámetro (mm)	Tipo y Polaridad	Intensidad (Amperios)			Oscilado	Recto
1	AGA	8	+	120	220	10		-
2	AGA	8	+	120	220	10		-
3	AGA	8	+	120	220	10		-

ANEXO A-12

PROTOCOLO DE PRUEBAS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

FECHA DE PRUEBA:	2013/09/15
FECHA DE APROBACIÓN:	2013/09/15
NOMBRE DE LA EMPRESA:	EPN
NOMBRE DE LA MÁQUINA:	Elevador de carga
CAPACIDAD DE LA MÁQUINA:	200 kg
PERSONAL RESPONSABLE:	Graduandos

DIMENSIONES DE LA MÁQUINA

VERIFICACIÓN DE LA DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMA LA MÁQUINA

ELEMENTOS	PASA	NO PASA
Rodamiento de polea	X	
Polea	X	
Eje polea	X	
Pasadores	X	
Pernos	X	
Canasta 1500 x 1000 x 800 mm	X	
Placa base 450 x 455 mm	X	
Cables de 9 mm y 8 mm	X	
Guinche	X	
Perfiles cuadrados (3 in)	X	
Placas de refuerzos, horizontales, verticales	X	
Perfiles en "L" (2,5 in)	X	

VERIFICACIÓN DE LA DIMENSIONES TOTALES DE LA MÁQUINA

PARAMETROS	DIMENSIONES (m)	PASA	NO PASA
Altura total	2,25	X	
Dimensión del brazo	2,05	X	
Altura al guinche	1,2	X	
Cimentación	1,5x1,5x0,25	X	
Apoyo base	1,5	X	
Placa motor	0,4x0,4	X	
Placas apoyo	0,15x0,2	X	
Cable	20	X	
Placa base	0,3 x0,3	X	

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

SISTEMAS	TIEMPO DE PRUEBA	FALLA	NO FALLA
Sistema de giro y elevación	10 min		X
Sistema fijo	15 min		X
Sistema guía	3 min		X

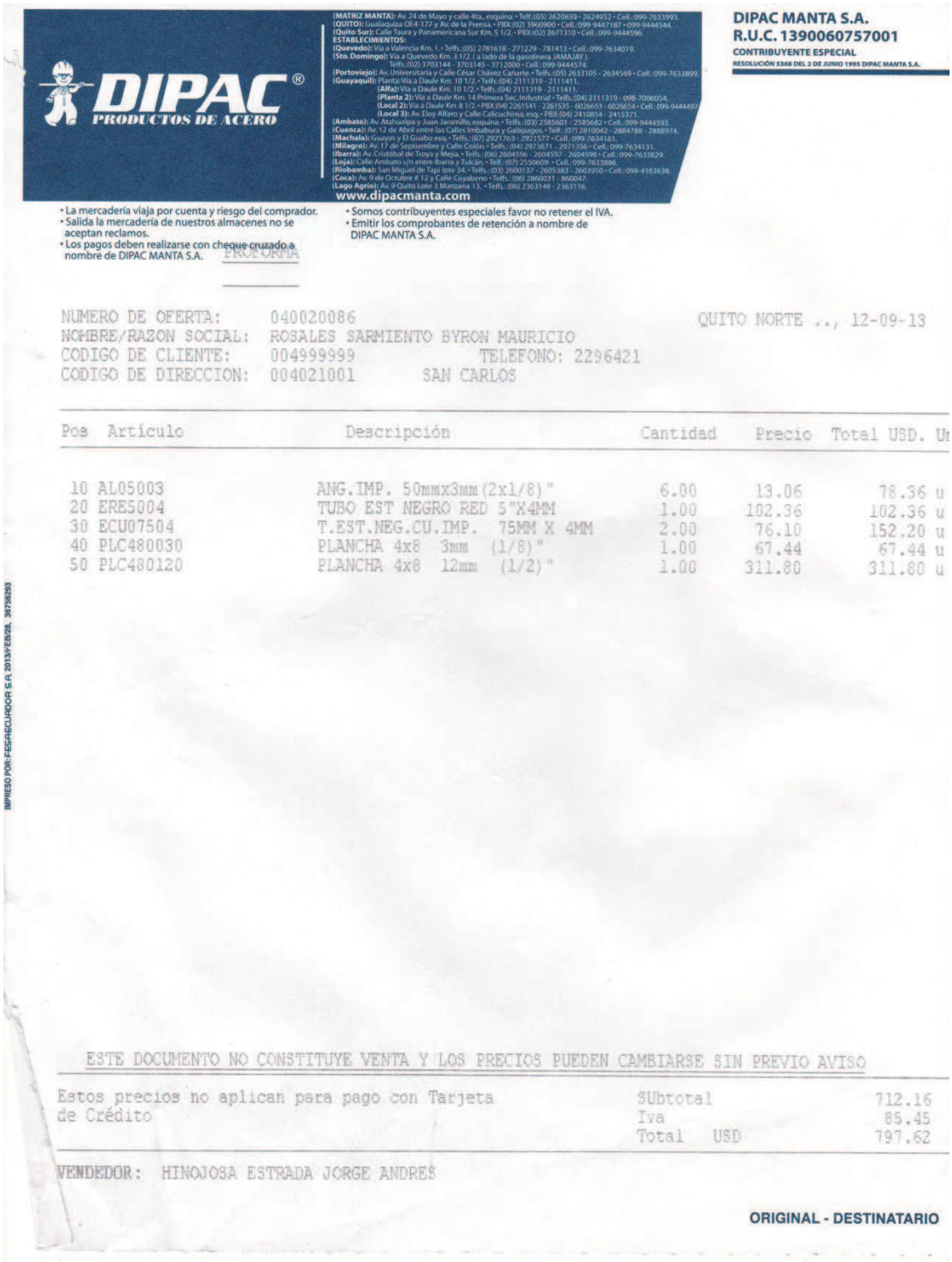
CONCLUSIONES Tener cuidado enrollamiento de cable

OBSERVACIONES canasta no se equilibra sola

EL PROTOTIPO PASA	EL PROTOTIPO NO PASA
Firma de personas responsable	Firma de autorización

ANEXO A-13

Proformas



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

(MATRIZ MANTA): Av. 24 de Mayo y calle 4ta., esquina. • Telf.:(05) 2620839 • 2624952 • Cell.:099-7633993.
(QUITO): Gualaquiza OE4-177 y Av. de la Prensa. • PBX (02) 3960900 • Cell.:099-9447187 • 099-9444544.
(Quito Sur): Calle Taura y Panamericana Sur Km. 5 1/2. • PBX:(02) 2671310 • Cell.:099-9444596.
ESTABLECIMIENTOS:
(Quevedo): Vía a Valencia Km. 1. • Telfs.:(05) 2781618 - 271229 - 781413 • Cell.:099-7634019.
(Sto. Domingo): Vía a Quevedo Km. 3 1/2. (a lado de la gasolinera JAMAJAY).
Telfs.:(02) 3703144 - 3703145 - 3712000 • Cell.:099-9444574.
(Portoviejo): Av. Universitaria y Calle César Chávez Cañarte. • Telfs.:(05) 2633105 - 2634569 • Cell.:099-7633899.
(Guayaquil): Planta: Vía a Daule Km. 10 1/2. • Telfs.:(04) 2111319 - 2111411.
(Alfa): Vía a Daule Km. 10 1/2. • Telfs.:(04) 2113319 - 2111411.
(Planta 2): Vía a Daule Km. 14 Primera Sec. Industrial • Telfs.:(04) 2111319 - 098-7006054.
(Local 2): Vía a Daule Km.8 1/2. • PBX:(04) 2261541 - 2261535 - 6026653 - 6026654 • Cell.:099-9444497
(Local 3): Av. Eloy Alfaro y Calle Calicuchima, esq. • PBX:(04) 2410854 - 2415371.
(Ambato): Av. Atahualpa y Juan Jaramillo, esquina. • Telfs.:(03) 2585601 - 2585682 • Cell.:099-9444593.
(Cuenca): Av. 12 de Abril entre las Calles Imbabura y Galápagos. • Telf.:(07) 2810042 - 2884788 - 2888974.
(Machala): Guayas y El Guabo esq. • Telfs.:(07) 2921763 - 2921577 • Cell.:099-7634161.
(Milagro): Av. 17 de Septiembre y Calle Colón. • Telfs.:(04) 2973671 - 2971356 • Cell.:099-7634131.
(Ibarra): Av. Cristóbal de Troya y Mejía. • Telfs.:(06) 2604596 - 2604597 - 2604598 • Cell.:099-7633829.
(Loja): Calle Ambato s/n entre Ibarra y Tulcán. • Telf.:(07) 2550609 • Cell.:099-7633886.
(Riobamba): San Miguel de Tapi lote 34. • Telfs.:(03) 2600137 - 2605383 - 2603950 • Cell.:099-4163638.
(Coca): Av. 9 de Octubre # 12 y Calle Cuyabeno • Telfs.:(06) 2860031 - 860047.
(Lago Agrio): Av. 9 Quito Lote 3 Manzana 13. • Telfs.:(06) 2363148 - 2363116.
www.dipacmanta.com

DIPAC MANTA S.A.
R.U.C. 1390060757001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCIÓN 5368 DEL 2 DE JUNIO 1995 DIPAC MANTA S.A.

- La mercadería viaja por cuenta y riesgo del comprador.
- Salida la mercadería de nuestros almacenes no se aceptan reclamos.
- Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.

- Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA.
- Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.

PROFORMA

NUMERO DE OFERTA: 040020086 QUITO NORTE .., 12-09-13
NOMBRE/RAZON SOCIAL: ROSALES SARMIENTO BYRON MAURICIO
CODIGO DE CLIENTE: 004999999 TELEFONO: 2296421
CODIGO DE DIRECCION: 004021001 SAN CARLOS

Pos	Artículo	Descripción	Cantidad	Precio	Total USD. Ur
10	AL05003	ANG.IMP. 50mmx3mm (2x1/8)"	6.00	13.06	78.36 u
20	ERE5004	TUBO EST NEGRO RED 5"X4MM	1.00	102.36	102.36 u
30	ECU07504	T.EST.NEG.CU.IMP. 75MM X 4MM	2.00	76.10	152.20 u
40	PLC480030	PLANCHA 4x8 3mm (1/8)"	1.00	67.44	67.44 u
50	PLC480120	PLANCHA 4x8 12mm (1/2)"	1.00	311.80	311.80 u

ESTE DOCUMENTO NO CONSTITUYE VENTA Y LOS PRECIOS PUEDEN CAMBIARSE SIN PREVIO AVISO

Estos precios no aplican para pago con Tarjeta de Crédito

SUbtotal	712.16
Iva	85.45
Total USD	797.62

VENDEDOR: HINOJOSA ESTRADA JORGE ANDRES

ORIGINAL - DESTINATARIO

IMPRESO POR:FEGRECUADOR S.A 2013/FEB/28. 36756283

CONJUNTO RESIDENCIAL Puerta del Valle
AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI, SECTOR PEAJE, FUENTE Nº 1

Con el respaldo de:

FERRETERIA "ACUÑA" CIA. LTDA
Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
40 años sirviendo al país

IMPORTADORES Exclusivos de: CEMENTO Tipo I, Tubería Saladillo H3 y Accesorios IPS, Selladores y Terrajas IPS, Hierro Corrugado Siderurgitorote ANDEC, Planchas ECOLNIT y TEJALIT, Zinc Galvanizado CORPACERO, Láminas PVC MARVEC,Tubería y Accesorios PVC Sanitarios, Alambres y Cables Eléctricos, Materiales de Construcción y Mil Artículos de Ferretería.
PEDIDOS DIRECTOS A TODO EL PAIS

R.U.C. 1791728467001
Av. Ladrón de Guevara E12-283 y Toledo
Telfs.: 2525-558 / 2542-298 / 2550-315 / 3227-186
Telefax: (593-2) 2220-896
E mail: eacuna@ecnet.ec · susana_acuna@yahoo.com

Autorización SRI: 1110798952

FACTURA

001-002-000 011732

011732

FECHA: Octubre 31 2012

0001

VENDEDOR:

1791360557001

CLIENTE: C.I./R.U.C.:

DIRECCION: TELEFONO:

266313

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	PARCIAL
1	UND SIKA 2 ACELER. 2 KGS.	4.911	4.91

CANCELADO

EMPLEGADO

Recibí conforme	Los materiales viajan por cuenta y riesgo del Cliente. No se aceptan reclamos una vez despachada la mercadería.	VALOR TOTAL	4.91
		I.V.A. 12%	0.58
		I.V.A. 0%	0.00
		FLETE	0.00
CLIENTE		TOTAL	5.50

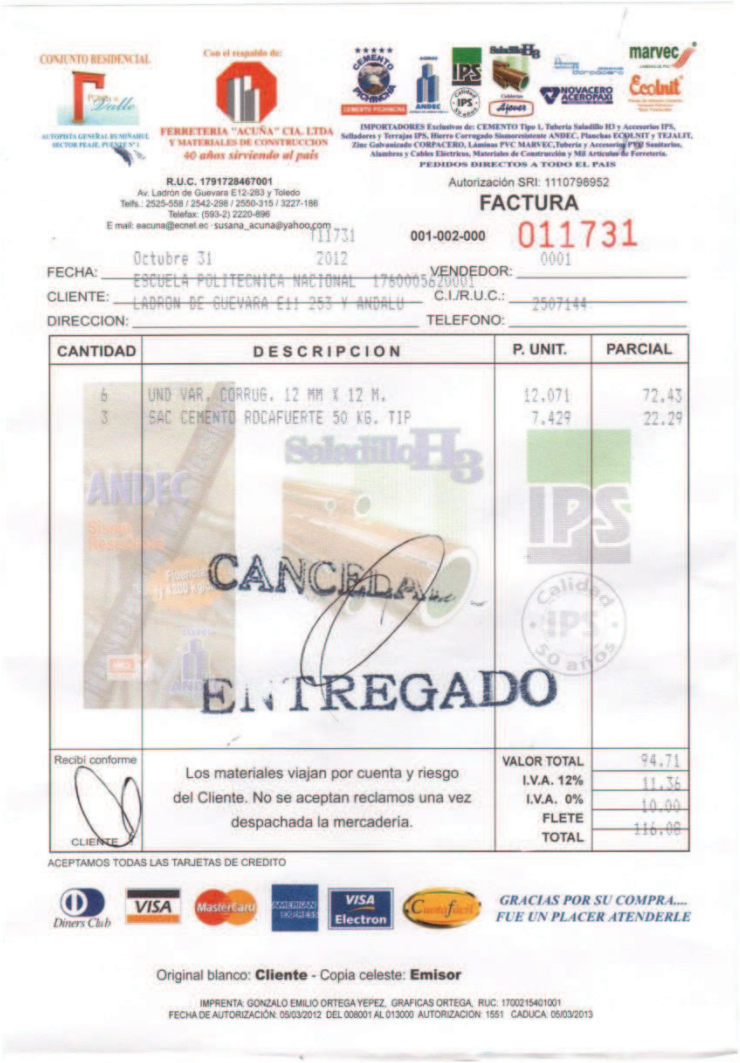
ACEPTAMOS TODAS LAS TARJETAS DE CREDITO

Diners Club · VISA · MasterCard · American Express · VISA Electron · Cuota fácil

GRACIAS POR SU COMPRA.... FUE UN PLACER ATENDERLE

Original blanco: **Cliente** - Copia celeste: **Emisor**

IMPRENTA: GONZALO EMILIO ORTEGA YEPEZ, GRAFICAS ORTEGA, RUC. 1700215401001
FECHA DE AUTORIZACIÓN: 05/03/2012 DEL 008001 AL 013000 AUTORIZACION: 1551 CADUCA: 05/03/2013



CONJUNTO RESIDENCIAL Puerta del Valle
AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI SECTOR PEAJE PUEMAPE N° 1

Con el respaldo de:

FERRETERIA "ACUÑA" CIA. LTDA
Y MATERIALES DE CONSTRUCCION
40 años sirviendo al país

IMPORTADORES Exclusivos de: CEMENTO Tipo I, Tubería Soladillo H3 y Accesorios IPS, Selladores y Terrajas IPS, Hierro Corrugado Sismoresistente ANDEC, Planchas ECOLUNIT y TEJALIT, Zinc Galvanizado CORPACERO, Láminas PVC MARVEC,Tubería y Accesorios PVC Sanitarios, Alambres y Cables Eléctricos, Materiales de Construcción y Mil Artículos de Ferretería.
PEDIDOS DIRECTOS A TODO EL PAIS

R.U.C. 1791728467001
Av. Ladrón de Guevara E12-253 y Toledo
Telfs.: 2525-558 / 2542-298 / 2550-315 / 3227-186
Telefax: (593-2) 2220-896
E mail: eacuna@ecnet.ec · susana_acuna@yahoo.com

Autorización SRI: 1110798952

FACTURA

001-002-000 011731

FECHA: Octubre 31 2012
CLIENTE: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DIRECCION: LADRON DE GUEVARA E11 253 Y ANDALU

VENDEDOR: 0001
C.I./R.U.C.: 1760005620001
TELEFONO: 2507144

CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	PARCIAL
6	UND VAR. CORRUG. 12 MM X 12 M.	12.071	72.43
3	SAC CEMENTO ROCAFUERTE 50 KG. TIP	7.429	22.29

CANCELADO
ENTREGADO

Recibí conforme
CLIENTE

Los materiales viajan por cuenta y riesgo del Cliente. No se aceptan reclamos una vez despachada la mercadería.

VALOR TOTAL	94.71
I.V.A. 12%	11.36
I.V.A. 0%	10.00
FLETE	
TOTAL	116.08

ACEPTAMOS TODAS LAS TARJETAS DE CREDITO

Diners Club · VISA · MasterCard · American Express · VISA Electron · Cuota fácil

GRACIAS POR SU COMPRA.... FUE UN PLACER ATENDERLE

Original blanco: **Cliente** - Copia celeste: **Emisor**

IMPRENTA: GONZALO EMILIO ORTEGA YEPEZ, GRAFICAS ORTEGA, RUC. 1700215401001
FECHA DE AUTORIZACIÓN: 05/03/2012 DEL 008001 AL 013000 AUTORIZACION: 1551 CADUCA: 05/03/2013

FERRETERIA PALACIOS

Dirección: Av. Simon Bolivar Lote 22 y Av. Maldonado (Guajalo)
Telf: 3073-608 / 095 983 672 / Quito

R.U.C. 0500734637001

PROFORMA

Jorge Palacios

Fecha: 15-sep-12
Cliente: Jacinto Pujota
Dirección: San Juan
Telf: 0999729257 **RUC:** 171936288-9

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	V. TOTAL
4,00	ALAMBRE GALVANIZADO No 18 (Libras)	1,28	5,12
2,00	THINNER (GL)	6,27	12,55
6,00	GUAIPES UND.	0,20	1,20
3,00	PINTURA ANTICORROSIVA GRIS	10,71	32,14
20,00	CABLE DE ACERO (metros)	0,88	17,60
1,00	MALLA ELECTROSOLDADA (12mx1,5m)	5,20	5,20
15,00	ELECTODOS 1/8 6011 (Kg)	3,64	54,65
1,00	GANCHO 500 KG	13,95	13,95
1,00	RODAMIENTO FAG 68mm	6,50	6,50

SUBTOTAL	148,91
I.V.A	17,87
TOTAL	166,78

FIRMA AUTORIZADORA

CASTILLO HERMANOS S.A.
TELE/FAX:2227270
CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION #194
Av. América N21-38 y Bolivia RUC:1790155102001

PROFORMA #002-002-2053115

Fecha: Quito, Lunes, 13/May/2013
Almacén: SUC. AMERICA
Vendedor: MAURICIO CORREA
Cliente: CONSUMIDOR FINAL (QUITO)

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
7.00	PERNO HEX AC. GR.8 UNC 1X6" 766800	5.70	39.90
7.00	TUERCA AC. GR.5 UNC NEGRA 1" 709700	0.72	5.04
7.00	ARANDELA PRESION SAE NEGRA 1" 21500	0.29	2.03
10.00	PERNO HEX AC. GR.8 UNC 5/16X4" 1131200	0.34	3.40
10.00	TUERCA AC. GR.5 UNC NEGRA 5/16" 700500	0.03	0.30
10.00	ARANDELA PLANA SAE (TIPO EUROPEO) 5/16" 801650	0.02	0.20

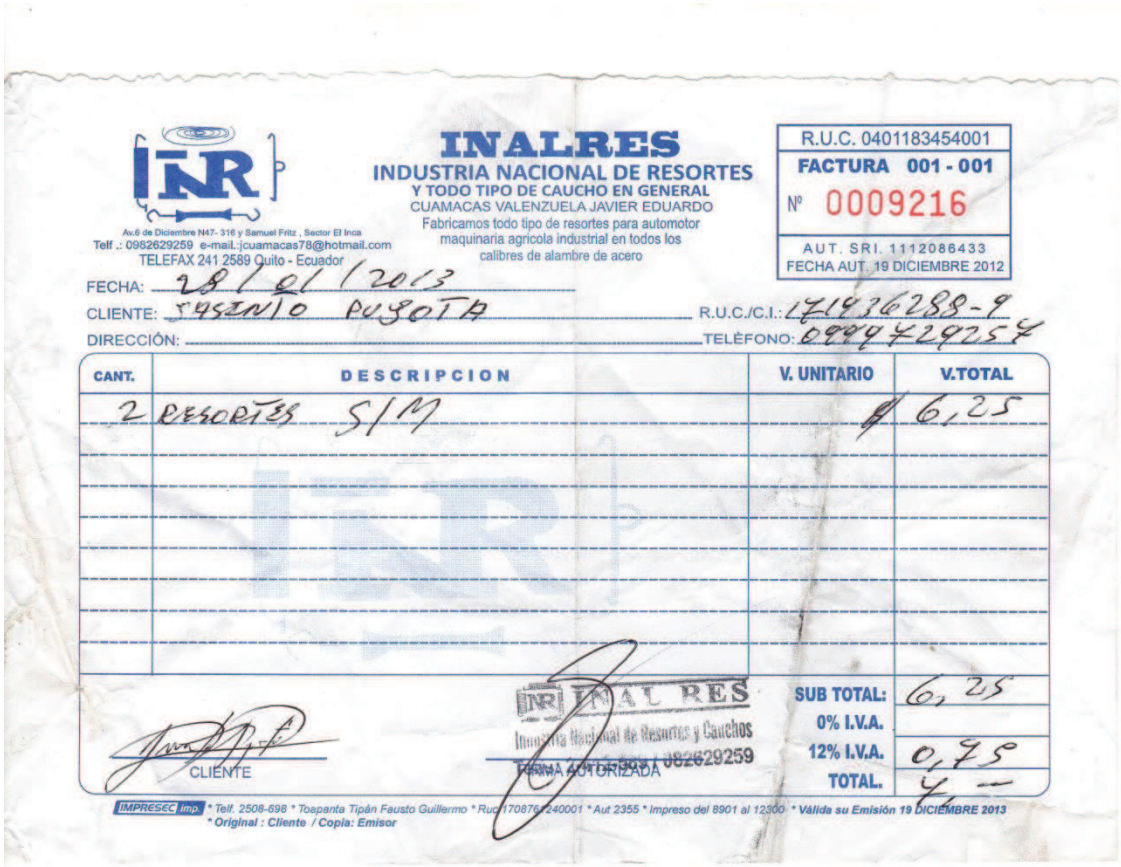
Subtotal		(=)	50.87
Dscto.	19.6429%	(-)	9.99
Imponible		(=)	40.88
I.V.A.	12.00%	(+)	4.91

TOTAL US$ 45.79

*El dscto. se aplico de acuerdo al monto

Distribuidor exclusivo de Herramienta
IRIMO
Grupo SnapOn
Nueva Sucursal:Acuña y 10 de Agosto

Esta proforma tiene validez de 15 dias



INALRES
INDUSTRIA NACIONAL DE RESORTES
Y TODO TIPO DE CAUCHO EN GENERAL
CUAMACAS VALENZUELA JAVIER EDUARDO
Fabricamos todo tipo de resortes para automotor
maquinaria agrícola industrial en todos los
calibres de alambre de acero

Av.6 de Diciembre N47- 316 y Samuel Fritz , Sector El Inca
Telf .: 0982629259 e-mail.:jcuamacas78@hotmail.com
TELEFAX 241 2589 Quito - Ecuador

R.U.C. 0401183454001
FACTURA 001 - 001
Nº 0009216
AUT. SRI. 1112086433
FECHA AUT. 19 DICIEMBRE 2012

FECHA: 28 / 01 / 2013
CLIENTE: [illegible] PUSOTA R.U.C./C.I.: 1719362883-9
DIRECCIÓN: TELÉFONO: 0999429254

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	V.TOTAL
2	RESORTES S/M	$	6,25

SUB TOTAL:	6,25
0% I.V.A.	
12% I.V.A.	0,75
TOTAL.	7,-

CLIENTE

INALRES
Industria Nacional de Resortes y Cauchos
RUC 0401183454001
0982629259
FIRMA AUTORIZADA

IMPRESEC Imp. * Telf. 2508-698 * Toapanta Tipán Fausto Guillermo * Ruc:1708762240001 * Aut 2355 * Impreso del 8901 al 12300 * Válida su Emisión 19 DICIEMBRE 2013
* Original : Cliente / Copia: Emisor

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

(MATRIZ MANTA): Av. 24 de Mayo y calle 4ta., esquina. • Telf.:(05) 2620839 • 2624952 • Cell.:09-7633993.
(QUITO): Gualaquiza OE4-177 y Av. de la Prensa. • PBX:(02) 3960900 • Cell.:09-9447187 • 09-9446144.
(Quito Sur): Calle Taura y Panamericana Sur Km. 5 1/2. • PBX:(02) 2671310 • Cell.:09-9444596.
ESTABLECIMIENTOS:
(Quevedo): Vía a Valencia Km. 1. • Telfs.:(05) 2781618 - 271229 - 781413 • Cell.:09-7634019.
(Sto. Domingo): Vía a Quevedo Km. 3 1/2. (a lado de la gasolinera JAMAJAY).
Telfs.:(02) 3703144 - 3703145 - 3712000 • Cell.:09-9444574.
(Portoviejo): Av. Universitaria y Calle César Chávez Canarte • Telfs.:(05) 2633105 - 2634569 • Cell.:09-7633899.
(Guayaquil): Planta: Vía a Daule Km. 10 1/2. • Telfs.:(04) 2111319 - 2111411.
(Alfa): Vía a Daule Km. 10 1/2. • Telfs.:(04) 2111319 - 2111411.
(Planta 2): Vía a Daule Km. 10 1/2 • Telfs.:(04) 2111319 - 2111411.
(Local 2): Vía a Daule Km. 8 1/2. • PBX:(04) 2261541 - 2261535 - 6026653 - 6026654 • Cell.:09-9441[illegible]
(Local 3): Av. Eloy Alfaro y Calle Calicuchima, esq. • PBX:(04) 2410854 - 2415371.
(Ambato): Av. Atahualpa y Juan Jaramillo, esquina. • Telfs.:(03) 2585601 - 2585682 • Cell.:09-9444593.
(Cuenca): Av. 12 de Abril entre las Calles Imbabura y Galápagos. • Telf.:(07) 2810642 - 2884788 - 2888974.
(Machala): Guayas y El Guabo esq. • Telfs.:(07) 2921763 - 2921577 • Cell.:09-7634161.
(Milagro): Av. 17 de Septiembre y Calle Colón. • Telfs.:(04) 2973671 - 2971356 • Cell.:09-7634131.
(Ibarra): Av. Cristóbal de Troya y Mejía • Telfs.:(06) 2604596 - 2604597 - 2604598 • Cell.:09-7633829.
(Loja): Calle Ambato s/n entre Ibarra y Tulcán. • Telf.:(07) 2550609 • Cell.:09-7633886.
(Riobamba): San Miguel de Tapi lote 34 • Telfs.:(03) 2600137 - 2605383 - 2603950 • Cell.:09-4163638.
(Coca): Av. 9 de Octubre # 12 y Calle Cuyabeno • Telfs.:(06) 2860031 - 860047.
www.dipacmanta.com

DIPAC MANTA S.A.
R.U.C. 1390060757001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCIÓN 5368 DEL 2 DE JUNIO 1995 DIPAC MANTA S.A.

- La mercadería viaja por cuenta y riesgo del comprador.
- Salida la mercadería de nuestros almacenes no se aceptan reclamos.
- Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.

- Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA.
- Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.

[illegible]ra
[illegible]-002-000138890
Autorización S.R.I. No.
[illegible]1841972
Fec. Caducidad 25/10/2013
Fecha Autorizacion
25/10/2012

NOMBRE/RAZON SOCIAL: ROSALES SARMIENTO BYRON MAURICIO
RUC o CI: 0401608039
DIRECCION: SAN CARLOS
CODIGO CLIENTE: 004000000
PAGO: CONTADO
PEDIDO: 040237962 Fac. Proveedor:
GUIA DE REMISION: 004-002-000160624

FECHA: 31/10/2012
CIUDAD: QUITO
VENDEDOR: 563
MOREIRA MERA SILVIA XIMENA
PAG: 1

CODIGO ITEM	DESCRIPCION ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNI	TOTAL USD
OXILC0120	OXICORTES 12mm	11.52 Kg	1.70	19.58
OXILC0120	OXICORTES 12mm	4.92 Kg	1.70	8.36
3 PL DE 160X250X12MM S/P				
2 PL DE 160X180X12MM				

IMPRESO POR:FESRECUADOR S.A. 2012/AGO/17. 30758293

CANCELADO
CAJA
DIPAC QUITO NORTE

SON:
*TREINTA Y UNO CON 29/100 * USD
Este Valor debera ser pagado por el Cliente en DOLARES AMERICANOS.

DESCUENTOS	.00
SUBTOTAL	27.94
IVA 12%	3.35
TOTAL USD	31.29

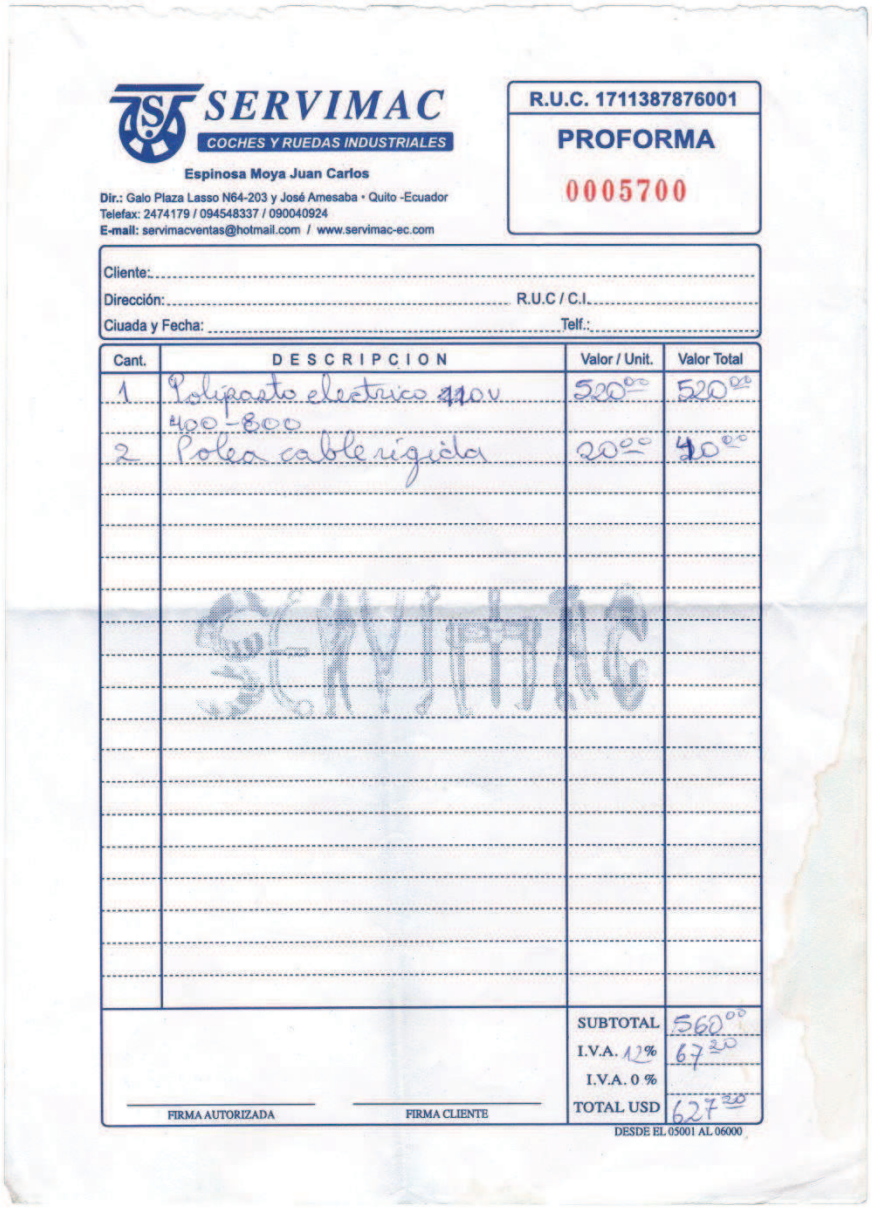
Autorizo (amos) a Dipac Manta S.A. , a publicar los valores incurridos en mora, que puedan generarse de las operaciones de orden crediticio, en cualquier Buró de Crédito autorizado.
Renuncio domicilio y competencia y me someto de manera expresa a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite verbal sumario o ejecutivo a elección del actor.
"El pago con cheque o deposito hacerlo a nombre de DIPAC MANTA S.A."
Todas las diferencias y litigios derivados de esta factura, se ventilarán ante los jueces de lo Civil de las ciudades de Guayaquil o Quito, y en la vía ejecutiva o verbal sumaria, a elección de Dipac Manta S.A.

Mauricio Rosales

RECIBE CONFORME _ CLIENTE

DIPAC MANTA S.A.

ORIGINAL - DESTINATARIO



SERVIMAC
COCHES Y RUEDAS INDUSTRIALES

Espinosa Moya Juan Carlos
Dir.: Galo Plaza Lasso N64-203 y José Amesaba • Quito -Ecuador
Telefax: 2474179 / 094548337 / 090040924
E-mail: servimacventas@hotmail.com / www.servimac-ec.com

R.U.C. 1711387876001

PROFORMA

0005700

Cliente:
Dirección: R.U.C / C.I.
Ciuada y Fecha: Telf.:

Cant.	DESCRIPCION	Valor / Unit.	Valor Total
1	Polipasto electrico 110 v 400-800	520 00	520 00
2	Polea cable rigida	20 00	40 00
		SUBTOTAL	560 00
		I.V.A. 12%	67 20
		I.V.A. 0 %	
		TOTAL USD	627 20

FIRMA AUTORIZADA FIRMA CLIENTE

DESDE EL 05001 AL 06000

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION

CALCULO DEL COSTO HORA POR HOMBRE DEL PERSONAL PLAZA QUITO DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

ORDEN	MANO DE OBRA	CATEGORIA	S.N.D.	S.N.H.	FACTOR SALARIO REAL	BENEFICIOS ADICIONALES	COSTO HORA TOTAL
1	PEON	I	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
2	GUARDIAN	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
3	AY. ALBAÑIL	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
4	AY. OPERADOR DE EQUIPO	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
5	AY. FIERRERO	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
6	AY. CARPINTERO	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
7	AY. ENCOFRADOR	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
8	AY. CARPINTERO DE RIBERA	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
9	AY. PLOMERO	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
10	AY. ELECTRICISTA	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
11	AY. REVESTIMIENTOS EN GENERAL	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
12	MACHETERO	II	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
13	ALBAÑIL	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
14	OPERADOR EQUIPO LIVIANO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
15	PINTOR	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
16	FIERRERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
17	CARPINTERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
18	ENCOFRADOR	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
19	CARPINTERO DE RIBERA	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
20	PLOMERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
21	ELECTRICISTA	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
22	INSTALADOR DE REVESTIMIENTO EN GENERAL	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
23	AYUDANTE DE PERFORADOR	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
24	CADENERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
25	MAMPOSTERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
26	ENLUCIDOR	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
27	HOJALATERO	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
28	MAESTRO SOLDADOR ESPECIALIZADO	IV	20,610	2,576	2,576	0,25	2,826
29	MAESTRO ELECTRICISTA ESPECIALIZADO	IV	21,700	2,576	2,576	0,25	2,826
30	MAESTRO DE OBRA	IV	20,450	2,576	2,576	0,25	2,826
31	MAESTRO PLOMERO	IV	20,450	2,576	2,576	0,25	2,826
32	PERFORADOR	IV	21,280	2,576	2,576	0,25	2,826
33	PERFILERO	IV	21,280	2,576	2,576	0,25	2,826
34	MAESTRO ELECTRONICO ESPECIALIZADO	V	20,610	2,576	2,576	0,25	2,826
35	INSPECTOR DE OBRA	V	21,700	2,576	2,576	0,25	2,826
36	OPERADOR PLANTA DE HORMIGON	V	21,280	2,576	2,576	0,25	2,826
37	MAESTRO ESTRUCTURA MAYOR SECAP	V	21,700	2,576	2,576	0,25	2,826
38	TECNICO CONSTRUCCIONES UNIVERSIDAD POPULAR	V	20,610	2,576	2,576	0,25	2,826
39	AY.LABORATORIO DOS AÑOS DE EXPERIENCIA	AY.LAB.	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
40	LABORATORISTA 1 TRES AÑOS DE EXPERIENCIA	LAB.1	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
41	LABORATORISTA 2 SIETE AÑOS DE EXPERIENCIA	LAB.2	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
42	LABORATORISTA 3 EXPERIENCIA MAYOR A SIETE AÑOS	LAB.3	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
43	PRACTICO EN LA RAMA DE TOPOGRAFIA	PRACTICO	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
44	TOPOGRAFO 1 EXPERIENCIA NO MENOR A CINCO AÑOS	TOP.1	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
45	TOPOGRAFO 2 EXPERIENCIA NO MENOR A CINCO AÑOS	TOP.2	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
46	TOPOGRAFO 3 TITULO Y EXPERIENCIA 3-5 AÑOS	TOP.3	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
47	TOPOGRAFO 4 TITULO Y EXPERIENCIA MAYOR A 5 AÑOS	TOP.4	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
48	DIBUJANTE 1 EXPERIENCIA DE DOS AÑOS	DIB.1	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
49	DIBUJANTE 2 EXPERIENCIA 2-4 AÑOS	DIB.2	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
50	DIBUJANTE 3 EXPERIENCIA MAYOR DE 4 AÑOS	DIB.3	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
51	CONSEJERO O MENSAJERO	CONSERJE	20,450	2,556	2,556	0,25	2,806
52	OP. MOTONIVELADORA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
53	OP. EXCAVADORA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
54	OP. GRUA PUENTE DE ELEVACION	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
55	OP.PALA DE CASTILLO	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
56	OP.GRUA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
57	OP.DRAGA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
58	OP.TRACTOR CARRILES A RUEDA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
59	OP.TRACTOR TIENDE TUBOS	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
60	OP.MOTOTRAILLA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
61	OP.CARGADORA FRONTAL	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
62	OP.RETROEXCAVADORA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
63	OP.RESPONSABLE PLANTA ASFALTICA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
64	OP.AUTO-TREN CAMA BAJA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
65	OP.TRUCK DRILL	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963

66	OP.FRESADORA DE PAVIMENTO ASFALTICO	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
67	OP.RECICLADORA DE PAVIMENTO ASFALTICO	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
68	OP.PLANTA EMULSION ASFALTICA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
69	OP.MAQUINA PARA SELLOS ASFALTICOS	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
70	OP.PLANTA HORMIGONERA	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
71	OP.PLANTA TRITURADORA	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
72	OP.SQUIDER	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
73	OP.RODILLO AUTOPROPULSADO	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
74	OP.DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
75	OP.DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
76	OP.ACABADORA DE PAVIMENTO DE HORMIGON	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
77	OP.ACABADORA DE PAVIMENTO ASFALTICO	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
78	OP.GRADA ELEVADORA	OEP 1	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
79	OP.MONTACARGA	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
80	OP.DE ROTO MIL	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
81	OP.BOMBA LANZADORA DE CONCRETO	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
82	OP.TRACTOR DE RUEDAS	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
83	OP.CALDERO PLANTA AFALTICA	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
84	OP.BARREDORA AUTOPROPULSADA	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
85	OP.MARTILLO PUNZON NEUMATICO	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
86	OP.COMPRESOR	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
87	OP.CAMION DE CARGA FRONTAL	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
88	MECANICO DE MANTENIMIENTO-REPARACION EQUIPO	MEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
89	TORNERO FRESADOR	MEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
90	SOLDADOR ELECTRICO Y/O ACETILENO	MEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
91	TECNICO MECANICO ELECTRICISTA	MEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
92	ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE	SIN TIT.	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
93	AYUDANTE MECANICO	SIN TIT.	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
94	AYUDANTE DE MAQUINARIA	SIN TIT.	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
95	VULCANIZADOR	SIN TIT.	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
96	CHOFER LICENCIA TIPO B	CHODER B	29,880	3,735	3,735	0,25	3,985
97	CHOFER LICENCIA TIPO C	CHOFER C	29,880	3,735	3,735	0,25	3,985
98	CHOFER LICENCIA TIPO D	CHOFER D	31,260	3,908	3,908	0,25	4,158
99	CHOFER LICENCIA TIPO E	CHOFER E	31,260	3,908	3,908	0,25	4,158
100	CONFERENCISTA AMBIENTAL	ESP.				0,25	25,000
101	OP. PANTOGRAFO	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910
102	OP. FRANJEADORA	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
103	INSTALADOR	III	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
104	OP. EQUIPO DE PERFORACIÓN	OEP 1	21,700	2,713	2,713	0,25	2,963
105	AYUDANTE	SIN TIT.	20,650	2,581	2,581	0,25	2,831
106	OP. MARTILLO VIBROHINCADOR	OEP 2	21,280	2,660	2,660	0,25	2,910

Quito, a 15 de noviembre de 2013

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS. CUADRO AUXILIAR: TARIFAS DE EQUIPOS (en US Dólares)

DETALLE DEL EQUIPO	TARIFA HORARIA
SOLDADORA	5,00
PUENTE GRÚA	8,74
CORTADORA OXIACETILENO	4,00
BOMBA DE AGUA	3,00
CAMION CISTERNA 210 HP	25,00
CARGADORA FRONTAL	46,00
CORTADORA DE HIERRO	2,50
COMPACTADOR MANUAL	2,00
COMPRESOR DE AIRE	15,00
CAMION MEDIADO	8,34
HORMIGONERA	3,00
ROMPE PAVIMENTOS	10,00
APLICADOR	2,61
MESA	1,30
DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	50,00
EQUIPO TOPOGRÁFICO	15,00
EQUIPO DE OXICORTE	4,00
EQUIPO DE PINTURA	1,60
ESCOBA AUTOPROPULSADA	17,73
EXCAVADORA DE ORUGAS de 128HP	48,33
FINISHER	77,80
FRANJEADORA PARA SEÑALIZACION	3,46
GRUA TELESCÓPICA	52,00
PREP. ACCESO Y PLATAFORMA	12,00
AMOLADORA	1,50
GRUA DE PATIO	40,00
MAQUINA PILOTEADORA	50,00
MARTILLO NEUMATICO	15,00
CORTADORA DE PLANCHA	2,61
CAMIONETA	8,00
MOTONIVELADORA 135 HP	46,05
MOTOSIERRA	1,15
PERFORADORA ROTATIVA	28,00
PLANTA ASFALTICA	99,54
HERRAMIENTA MENOR 10%	0,10
RETROEXCAVADORA	45,00
EXCAVADAORA DE 153 HP	59,92
EXCAVADORA 322 BL	62,50
TUBERIA TREMI	4,00
RODILLO LISO TANDEM	26,10
RODILLO NEUMATICO	31,25

RODILLO VIBRATORIO LISO 107 HP	26,60
ESTACION TOTAL	20,00
VEHICULO LIVIANO	5,00
CALADORA CIRCULAR	0,31
ENCOFRADO MEALICO PARA POZOS	6,30
TELEFÉRICO DE ALTA CAPACIDAD	62,85
TRACTOR TIPO D6	48,98
TRACTOR TIPO D7	57,87
TRACTOR TIPO D8	77,31
VOLQUETA 8M3	15,86
VIBRADOR DE HORMIGON	1,56
VOLQUETA 12 M3	28,97
VOLQUETA 10 M3	23,43
ANDAMIOS	0,10
MOTOMIXER	27,00
MOTOSOLDADORA	5,00
EQUIPO DE TALLER	3,00
EQUIPO DE CAMPO	2,50
DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS	26,85
PAVIMENTADORA CON REGLETA NIVELADORA	73,46
BOMBA CURADORA	1,50
BOMBA DE HORMIGON	28,00
TORTUGAS	0,28
EQUIPO AIRLESS	0,71
AMOLADORA	0,28
APAREJOS DE IZAJE	2,80
EQUIPO DE SANDBLASTING	24,81
HERRAMIENTA MENOR (15% M.O.)	0,15
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)	0,05
RODILLO PATA DE CABRA	24,91
TORRE GUIA	4,00
MARTILLO	2,00
GRUA LINKBELT 25 TON	35,00
CORTADORA DE PAVIMENTO	14,00
EQUIPO DE PERFORACIÓN	45,00
EQUIPO DE LABORATORIO	60,00
EQUIPO DE OFICINA	150,00
GENERADOR DE ENERGIA	8,00
BARRENADORA	62,00
GRUA DE PERFORACIÓN	80,00
GRUA DE SERVICIO	60,00
MARTILLO VIBRO HINCADOR	50,00
TORNO	60,00

ANEXO A-14
PLANOS DE TALLER