

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

*“Diseño y Modelado Virtual de una Grúa-Torre Fija con Pluma  
Horizontal Giratoria”*

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Héctor Paúl Jaramillo Loor

Guayaquil-Ecuador

2012

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a María por acompañarme siempre en este camino de lucha y ser el motor de mi vida.

A mis Padres Héctor y Lane, Hermanos Juan y Jorge, por su amor y apoyo incondicional para el cumplimiento responsable de mis metas.

A la ESPOL y al Ing. Federico Camacho B., Director de esta Tesis, por sus sabios conocimientos y confianza depositada en mí para la culminación de la misma.

# DEDICATORIA

A DIOS

A MARÍA

A MIS PADRES

A MI FAMILIA

A MARIELA

A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



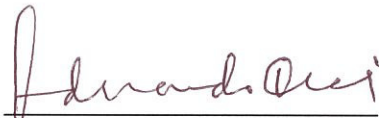
---

Dr. Kléber Barcia V.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

Ing. Federico Camacho B.  
DIRECTOR



---

Ing. Eduardo Orcés P.  
VOCAL



## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Héctor Paúl Jaramillo Loor

## RESUMEN

El objetivo de esta Tesis de Grado es el diseño de una grúa-torre fija de 80 metros de altura con una pluma horizontal giratoria de 40 metros de alcance con una capacidad máxima de elevación de 15 toneladas; siendo este tipo de máquina indispensable como soporte para el trabajo y elevación de cargas en edificaciones en construcción.

El capítulo uno trata acerca de las principales características de las grúas-torre, una de las máquinas más útiles e importantes utilizadas en la actualidad, especialmente en la industria de la construcción, en obras de altura, para el transporte y elevación de cargas. Además se señalan los aspectos más relevantes del funcionamiento de sus sistemas y mecanismos, su operación y las aplicaciones de esta máquina de elevación.

En el capítulo dos se desarrolla el diseño de forma de la grúa-torre, para posteriormente diseñar y/o seleccionar los componentes mecánicos del sistema de elevación, sistema de giro, sistema de traslación y sistema de seguridad; para lo cual se describen los diferentes criterios de diseño

combinados con normas técnicas tales como: INEN, CEC, ISO, AISC y ASTM.

En el capítulo tres se modela virtualmente la grúa-torre, donde se realiza el análisis estructural con la ayuda del software comercial SAP 2000® el mismo que se basa en el método de elementos finitos. Adicionalmente como complemento del capítulo tres se representa en tercera dimensión la grúa-torre.

Definido el diseño estructural y seleccionados los mecanismos de cada uno de los sistemas que conforman la grúa-torre, en el capítulo cuatro se analizan los costos de implementación, obteniéndose un valor referencial del proyecto.

Finalmente, en el capítulo cinco se presentan las conclusiones que nos deja el proyecto, habiendo cumplido con el objetivo principal, y se plantean las recomendaciones para posteriores estudios de este tipo de máquina de elevación y transporte de carga.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. GENERALIDADES DE UNA GRÚA-TORRE.....	2
1.1 Componentes y Elementos Principales.....	6
1.2 Clasificación y Grados de Libertad. ....	10
1.3 Sistemas y Mecanismos.....	17
1.4 Operación y Seguridades.....	20
1.5 Estándares y Normas Técnicas Aplicables.....	28

## CAPÍTULO 2

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS.....	32
2.1 Diseño de Forma de Grúa-Torre Seleccionada.....	32
2.2 Componentes Estructurales.....	37
2.2.1 Torre.....	41
2.2.2 Pluma.....	45
2.2.3 Contra Pluma.....	48
2.3 Sistema de Elevación. ....	49
2.3.1 Selección del Cable y Diseño de Uniones.....	51
2.3.2 Tambor de Enrollamiento y Poleas.....	62
2.3.3 Selección de Equipo Motriz.....	69
2.4 Sistema de Giro.....	72
2.4.1 Corona y Piñón de Giro.....	72
2.4.2 Mecanismo de Freno.....	97
2.5 Sistema de Traslación.....	98
2.5.1 Carro.....	99
2.5.2 Motor Eléctrico y Reductor.....	100
2.6 Sistemas de Seguridad.....	107

## CAPÍTULO 3

3. Modelado Virtual de la Grúa-Torre.....	111
3.1 Análisis Estructural en SAP2000®.....	111

3.1.1 Torre.....	129
3.1.2 Pluma y Contra-pluma.....	136
3.2 Modelado con Autodesk Inventor ®.....	145
3.2.1 Representación Gráfica en Tercera Dimensión.....	145
3.2.2 Animación de Grúa-Torre.....	147

#### **CAPÍTULO 4**

4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	148
4.1 Importación de Equipos.....	148
4.2 Fabricación Local de Partes.....	150
4.3 Montaje y Puesta en Marcha.....	154

#### **CAPÍTULO 5**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	157
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

A	Amperio
AISC	Instituto Americano de la Construcción en Acero
ASTM	Sociedad Americana para pruebas y materiales
°C	Grado Celsius
CAD	Diseño Asistido por Computadora
CEN	Comité Europeo de Normalización
CV	Caballos de vapor
daN	Deca Newton
ft	Pie
h	Hora
HP	Caballo de potencia
ISO	International Organization for Standardization
Kg	Kilogramo
KJ	Kilojoul
kN	Kilonewton
KPa	Kilopascal
Kw	Kilowatt
LRFD	Load and Resistance Factor Design
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
mA	Miliamperio
min	Minuto
mm	Milímetro
N	Newton
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
tonf	Tonelada fuerza
\$	Dólar
"	Pulgada

## SIMBOLOGÍA

A	Área
$D_i$	Diámetro interno
DN	Diámetro nominal
G1	Peso contrapeso
G2	Peso estructura superior
L	Longitud
N1	Velocidad de salida del motor
N2	Velocidad de salida del reductor
Pw	Potencia requerida
Q	Carga
R	Coefficiente de reducción de respuesta estructural
r	Radio
s	Separación entre cables metálicos ubicados en el tambor
T	Periodo
$\mu$	Coefficiente de rozamiento
V	Volumen
$v_{tras}$	Velocidad de traslación
Z	Factor en función de la zona sísmica
$\emptyset$	Diámetro
$\sigma$	Esfuerzo
$\eta$	Rendimiento mecánico
®	Marca registrada
°	Grados



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Polipastos Readecuados.....	4
Figura 1.2 Torre.....	7
Figura 1.3 Contra-Pluma.....	8
Figura 1.4 Lastre.....	9
Figura 1.5 Carro o <i>Trolley</i> .....	10
Figura 1.6 Grúa-Torre de Giro Superior.....	11
Figura 1.7 Grúa-Torre de Giro de Base.....	11
Figura 1.8 Grúa-Torre de Pluma Abatible.....	13
Figura 1.9 Grúa-Torre sobre Camión.....	15
Figura 1.10 Partes y Grados de Libertad de una Grúa-Torre.....	16
Figura 2.1 Diseño de Forma de Grúa-Torre Seleccionada.....	33
Figura 2.2 Esquema Sistema de Elevación de Carga.....	35
Figura 2.3 Esquema Sistema de Traslación.....	36
Figura 2.4 Esquema de la Plataforma de Giro.....	37
Figura 2.5 Esquema de Estructura Superior.....	38
Figura 2.6 Esquema de Pre-Cálculo de una Grúa-Torre.....	40
Figura 2.7 Vista de Planta Configuración Tramo Tipo 1-6.....	42
Figura 2.8 Visualización de Tramo Tipo 1 en SAP2000®.....	43
Figura 2.9 Visualización de Tramo Tipo 7G en SAP2000®.....	44
Figura 2.10 Tramo Tipo 8CT, Cabeza de Torre, SAP2000®.....	45
Figura 2.11 Configuración Tramo Tipo de Estructura de Pluma.....	46
Figura 2.12 Visualización Tramo Tipo P4 en SAP2000®.....	47
Figura 2.13 Representación de Contra-Pluma en SAP2000®.....	49
Figura 2.14 Diagrama de Ubicación de Poleas Sistema de Elevación.....	50
Figura 2.15 Cable Metálico.....	52
Figura 2.16 Cable con Alma de Cable Metálico Independiente.....	53
Figura 2.17 Diagrama de Fuerzas Cable de Elevación.....	56
Figura 2.18 Formación de un Anillo.....	61
Figura 2.19 Unión de Cables.....	62
Figura 2.20 Partes de una Polea de Radios.....	64
Figura 2.21 Ranuras en el Tambor.....	67
Figura 2.22 Sección de Polea.....	68
Figura 2.23 Rodamiento de Giro.....	73
Figura 2.24 Tipos de Rodamiento de Giro.....	74

Figura 2.25 Elementos del Rodamiento de Giro.....	75
Figura 2.26 Rodamiento de Precisión.....	76
Figura 2.27 Esquema de Cargas y Dirección de Cargas.....	77
Figura 2.28 Visualización de Sellado Rodamiento de Giro.....	79
Figura 2.29 Visualización de Rodamiento de Giro de Rodillos.....	81
Figura 2.30 Esquema de Distribución de Carga.....	82
Figura 2.31 Diagrama de Carga Estática Limitante.....	85
Figura 2.32 Características de Rodamiento de Giro.....	87
Figura 2.33 Esquema Mecánico de Sistema de Giro.....	91
Figura 2.34 Acoplamiento Flexible.....	94
Figura 2.35 Esquema Mecanismo Corona-Piñón.....	96
Figura 2.36 Sistema de Traslación o Distribución de Carga.....	98
Figura 2.37 Esquema de Estructura de Carro.....	99
Figura 2.38 Bosquejo Isométrico del Carro Distribuidor.....	100
Figura 3.1 Panorámica Grúa-Torre en SAP2000®.....	113
Figura 3.2 Cuadro de Texto Definición de Cargas y Estados Cargas.....	115
Figura 3.3 Visualización de Carga Viva, Cmov.....	116
Figura 3.4 Visualización de Carga Viva, Cmov2.....	117
Figura 3.5 Visualización de Carga Viva, Cmov3.....	118
Figura 3.6 Área Total VS Área Expuesta por Tramo.....	119
Figura 3.7 Asignación de Carga de Viento sobre Geometría de Grúa-Torre.....	121
Figura 3.8 Visualización de Periodo T, Grúa-Torre.....	125
Figura 3.9 Espectro Sísmico Elástico.....	126
Figura 3.10 Asignación de Coeficiente de Cortante Basal.....	127
Figura 3.11 Esquema Estructura Superior para Cálculo de Contra-Peso...	128
Figura 3.12 Asignación de Carga Contra-Peso.....	128
Figura 3.13 Visualización de Prueba Esfuerzo/Capacidad Satisfactoria De Tramos de la Torre en SAP2000®.....	131
Figura 3.14 Configuración de Escala y Caso para Visualización de la Deformación en SAP2000®.....	132
Figura 3.15 Deformaciones Cabeza de Torre altura 88,5 metros.....	133
Figura 3.16 Deformación de Torre altura 81 metros.....	134
Figura 3.17 Visualización de Resultados de Fuerza y Momentos en Base de Grúa-Torre.....	136
Figura 3.18 Visualización de Revisión de Esfuerzo/Capacidad de la Estructura de la Pluma en SAP2000®.....	138
Figura 3.19 Visualización de la Revisión de los Elementos del Tramo	

TIPO P1.....	139
Figura 3.20 Cuadro de Texto de Análisis de Revisión de Elemento de 1,5 metros de Tramo TIPO P1.....	140
Figura 3.21 Visualización del Desplazamiento de la Pluma en SAP2000®.....	140
Figura 3.22 Desplazamientos Obtenidos al Extremo de la Pluma en SAP2000®.....	141
Figura 3.23 Visualización de Coloración de la Estructura de la Contra-Pluma .....	142
Figura 3.24 Visualización Elemento UPN140 de la Estructura de la Contra-Pluma.....	143
Figura 3.25 Cuadro de Información de Revisión UPN140.....	143
Figura 3.26 Desplazamiento de la Estructura de la Contra-Pluma.....	144
Figura 3.27 Visualización de Grúa-Torre ventana de Autodesk Inventor®..	146

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1	Tramos Tipo de la Estructura Torre.....	41
Tabla 2	Tramos Tipo de la Estructura Pluma.....	46
Tabla 3	Tramos Tipo de Estructura Contra-Pluma.....	48
Tabla 4	Ubicación y Función de Poleas de Sistema de Elevación.....	51
Tabla 5	Cantidades de Abrazaderas.....	60
Tabla 6	Dimensiones de Tambor y Polea.....	68
Tabla 7	Tensiones de Trabajo.....	69
Tabla 8	Cuadro Motor de Elevación.....	72
Tabla 9	Guía para la selección de Rodamiento de Giro, según ©SKF.....	80
Tabla 10	Características del Rodamiento.....	87
Tabla 11	Características de la Corona de Giro.....	88
Tabla 12	Datos para la Potencia de Giro.....	89
Tabla 13	Datos de Motor de Giro.....	90
Tabla 14	Características del Reductor de Velocidad.....	93
Tabla 15	Características del piñón de Giro.....	97
Tabla 16	Cuadro de Motor de Traslación.....	106
Tabla 17	Resultados de la Fuerza del Viento Sobre la Torre.....	120
Tabla 18	Coefficiente de Suelo S y Coeficiente Cm.....	123
Tabla 19	Valores del Factor Z en función de la Zona Sísmica adoptada..	123
Tabla 20	Tipo de Uso, destino e importancia de la Estructura.....	124
Tabla 21	Datos Obtenidos a partir del Código.....	124
Tabla 22	Valores de $\Delta$ máximos, expresados como fracción de la altura de piso.....	135
Tabla 23	Tabla de Resultados de Reacciones y Momentos Base de la Grúa-Torre.....	135
Tabla 24	Datos de la Combinación de Carga DSTL2.....	139
Tabla 25	Datos de la Combinación de Carga DSTL1.....	144
Tabla 26	Costo de Equipos Importados.....	150
Tabla 27	Lista de Materiales Grúa-Torre.....	152
Tabla 28	Costos de Metro Lineal de Accesorios.....	153
Tabla 29	Costo Total Estimativo de Fabricación.....	154
Tabla 30	Costo Estimativo de Montaje y Puesta en Marcha.....	155
Tabla 31	Resumen de Costos Estimativos de Implementación.....	156

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano A1	Grúa-Torre General
Plano A2	Grúa-Torre 3D
Plano A3	Torre
Plano A3.1	Tramo Tipo 1
Plano A3.2	Tramo Tipo 2
Plano A3.3	Tramo Tipo 3
Plano A3.4	Tramo Tipo 4
Plano A3.5	Tramo Tipo 5
Plano A3.6	Tramo Tipo 6
Plano A3.7	Tramo Tipo 7G
Plano A3.8	Tramo Tipo 8CT
Plano A4	Pluma
Plano A4.1	Tramo Tipo P1
Plano A4.2	Tramo Tipo P2
Plano A4.3	Tramo Tipo P3
Plano A4.4	Tramo Tipo P4
Plano A5	Contra-Pluma
Plano A5.1	Tramo Tipo CP1
Plano A5.2	Tramo Tipo CP2
Plano A6	Carro Distribuidor de Carga
Plano A7	Contrapesos
Plano A8	Escaleras
Plano A9	Descansos

## INTRODUCCIÓN

La ingeniería mecánica encuentra en las máquinas y aparatos de elevación un campo de estudio cuya actividad es muy interesante y variada, con cierta particularidad resultante al momento de la combinación mecánica, resistencia de materiales, cálculo de maquinarias y de la gran variedad de problemas y de soluciones que ellos provocan.

Se debe resaltar la importancia que tienen las máquinas de elevación y transporte de carga (Grúa-Torre) en Guayaquil, ciudad en constante crecimiento donde se observa la construcción de edificios de más de 100 metros, intercambiadores de tráfico, centros comerciales y conjuntos residenciales; además, debemos tener en cuenta el crecimiento del sector industrial que cuenta en la actualidad con proyectos muy ambiciosos a fin de aumentar su producción, donde el uso de esta maquinaria es muy importante.

Para trabajos de edificación, la grúa más utilizada es la grúa-torre. Consiste básicamente en una torre metálica, que soporta en su parte superior una pluma horizontal giratoria, la cual permite el transporte y elevación de carga.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES DE UNA GRÚA-TORRE.

Las primeras grúas fueron inventadas en la antigua Grecia y sus indicios se dan alrededor del s. VI. Se trata de marcas de pinzas de hierro en los bloques de piedra de los templos. Se evidencia en estas marcas su propósito para la elevación ya que están realizadas en el centro de gravedad o en pares equidistantes de un punto sobre el centro de gravedad de los bloques.

La introducción del torno y la polea pronto conduce al reemplazo extenso de rampas como los medios principales del movimiento vertical. Por los siguientes doscientos años, los edificios griegos contemplan un manejo de los pesos más livianos, pues la nueva técnica de elevación permitió la carga de muchas piedras más pequeñas por ser más práctico, que pocas piedras más grandes. Contrastando con el período arcaico y su tendencia a los tamaños de bloque cada vez mayores, los templos griegos de la edad clásica como el Partenón ofrecieron invariable cantidad de bloques

de piedra que podían ser usados para cargar no menos de 15-20 toneladas.

El apogeo de la grúa en épocas antiguas llegó antes del imperio Romano, cuando se incrementó el trabajo de construcción en edificios que alcanzaron dimensiones enormes. Los romanos adoptaron la grúa griega y la desarrollaron.

Los caballos y otros animales eran utilizados para proporcionar la fuerza motriz para elevar y mover objetos pesados.

La grúa romana más simple, el Tripastos, consistió en una horca de una sola viga, un torno, una cuerda, y un bloque que contenía tres poleas. Teniendo así una ventaja mecánica de 3:1, se ha calculado que un solo hombre que trabaja con el torno podría levantar 150 kilogramos ( $3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150\text{kg}$ ), si se asume que 50 kilogramos representa el esfuerzo máximo que un hombre puede ejercer sobre un período más largo. Tipos más pesados de grúa ofrecieron cinco poleas que se denomina Pentapastos, o en el caso más grande, un sistema de tres por cinco poleas, Polipastos con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la carga máxima.





**FIGURA 1.1 POLIPASTOS READECUADO [1]**

El Polipastos, cuando era operado por cuatro hombres en ambos lados del torno, podría levantar hasta 3000 kg (3 cuerdas x 5 poleas x 4 hombres x 50kg = 3000 kg). En caso de que el torno fuera substituido por un acoplamiento, la carga máxima incluso se duplicaría a 6000 kg con solamente la mitad del equipo, puesto que el acoplamiento posee una ventaja mecánica mucho más grande debido a su diámetro más grande.

Esto significó que, con respecto a la construcción de las pirámides egipcias, donde eran necesarios cerca de 50 hombres para mover un bloque de piedra de 2,5 toneladas por encima de la rampa (50 kg. por personas), la capacidad de elevación del Polipastos romano demostró ser 60 veces más alta (3000 kg por persona). Sin embargo, los edificios romanos ofrecen numerosos bloques de piedra mucho más pesados que éstos. Dirigidos por el Polipastos indican que la capacidad de elevación

total de los romanos iba mucho más allá que la de cualquier grúa sola. En el templo de Júpiter en Baalbek, los bloques pesan hasta 60 toneladas cada uno, y las cornisas de la esquina, bloques de incluso 100 toneladas, todas levantadas a una altura de 19 metros sobre la tierra. En Roma, el bloque capital de la columna Trajana pesa 53,3 toneladas que tuvieron que ser levantadas a una altura de 34 m. Se asume que los ingenieros romanos lograron la elevación de estos pesos extraordinarios por dos medios: primero, según lo sugerido por Herón, una torre de elevación fue instalada, cuatro mástiles fueron arreglados en la forma de un cuadrilátero con los lados paralelos, no muy diferente a una torre, pero con la columna en el medio de la estructura. En segundo lugar, una multiplicidad de cabrestantes fue colocada en la tierra alrededor de la torre, que aunque la ventaja mecánica es más baja que los acoplamientos, los cabrestantes se podrían instalar en números obteniendo mayor ventaja mecánica.

En la actualidad la grúa-torre se la considera una herramienta de suma importancia en la industria de la construcción, utilizada para la elevación y transporte de carga a grandes alturas. La grúa-torre es una máquina electromecánica compuesta por un pilar vertical y una viga horizontal inclinada o basculante, diseñada principalmente para el transporte vertical de cargas, además consta de los distintos sistemas mecánicos,

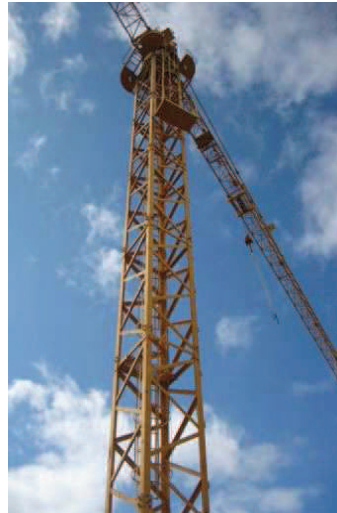
tales como: de elevación, de traslación, de giro y de seguridad. La viga horizontal se le llama pluma y el pilar vertical torre. Al final de la torre está la corona donde gira la pluma. La pluma tiene unos contrapesos en un extremo para generar el balance y también podría ir cargada en el extremo opuesto para conseguir el momento de empotramiento necesario para funcionar.

La grúa-torre es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de la torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa, puede empotrarse en el suelo, inmovilizada sin ruedas o bien desplazarse sobre vías rectas o curvas, adicionalmente la grúa-torre suele ser de instalación temporal, y está concebida para soportar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintos emplazamientos. Las operaciones de montaje deben ser realizadas por personal especializado. Asimismo las operaciones de mantenimiento y conservación se deben realizar de acuerdo con las normas dadas por el fabricante.

### **1.1 Componentes y Elementos Principales.**

**Torre vertical.-** Consiste en una estructura de celosía metálica, cuya principal misión es dotar a la grúa de altura suficiente. Para el montaje se formarán módulos o tramos de esta estructura, mediante

los elementos de sujeción adecuados, llegando todos unidos a la altura proyectada. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura.



**FIGURA 1.2 TORRE [2]**

En la parte superior del mástil se sitúa el mecanismo de giro que dota a la grúa de movimiento de 360° horizontales, adicionalmente según el modelo puede disponer de una cabina para su manejo por parte de un operador (gruista). Para el acceso de operarios, la torre vertical dispondrá de una escalera metálica fijada en la estructura.

**Pluma.-** Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del

radio o alcance necesario. Su forma y dimensión varían según las características necesarias de peso y longitud.

**Contra-pluma.-** La longitud de la contra-pluma oscila entre el 30 y 45% de la longitud de la pluma. Al final de la contra-pluma se colocan los contrapesos. Está unida a la torre en la zona opuesta de la unión con la pluma. Está formada por varios perfiles metálicos, formando encima de ellos una especie de pasarela para facilitar el paso del personal desde la torre hacia los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.



**FIGURA 1.3 CONTRA-PLUMA [3]**

**Contra-Pesos.-** Son elementos de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se producen en la

pluma de la grúa. Se debe estabilizar la grúa tanto en reposo como en funcionamiento.

**Lastre.-** Puede estar formada por una zapata enterrada o bien por varias piezas de hormigón prefabricado en la base de la grúa-torre. Su objetivo es estabilizar la grúa frente al peso propio, al peso que puede trasladar y a las condiciones ambientales adversas.



**FIGURA 1.4 LASTRE [1]**

**Carro.-** Este mecanismo se mueve a lo largo de la pluma a través de unos carriles. Es metálico de manera que soporta el peso a levantar.



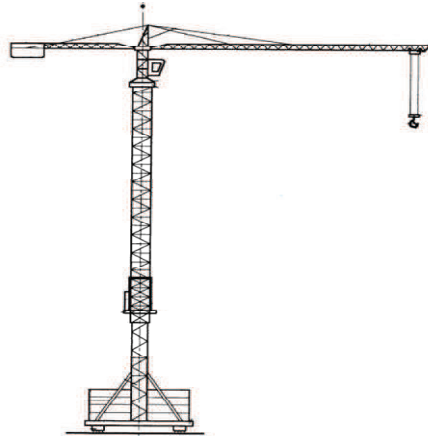
**FIGURA 1.5 CARRO O TROLLEY [4]**

## **1.2 Clasificación y Grados de Libertad.**

Las grúas-torre se clasifican de la siguiente manera:

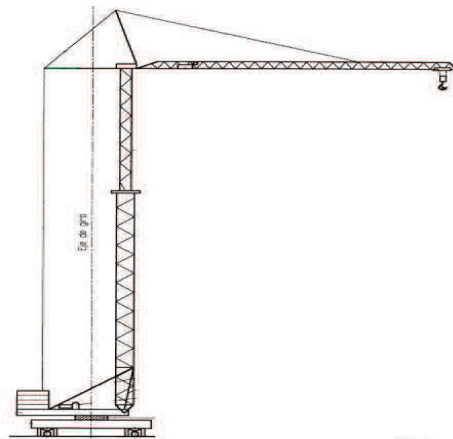
### **I. Forma de Giro:**

- a. **Grúa-Torre de Giro Superior.-** Es la de uso más frecuente, su giro se produce en la parte superior y permite lograr una mayor altura.



**FIGURA 1.6 GRÚA-TORRE DE GIRO SUPERIOR [5]**

- b. **Grúa-Torre de Giro de Base.**- Es aquella en que el giro se produce en la parte inferior. Su altura es limitada.



**FIGURA 1.7 GRÚA-TORRE DE GIRO DE BASE [5]**

## II. Forma de Montaje:

- a. **Grúa-Automontable.**- Es aquella que viene con su torre y pluma plegadas, con los cables separados, con sus

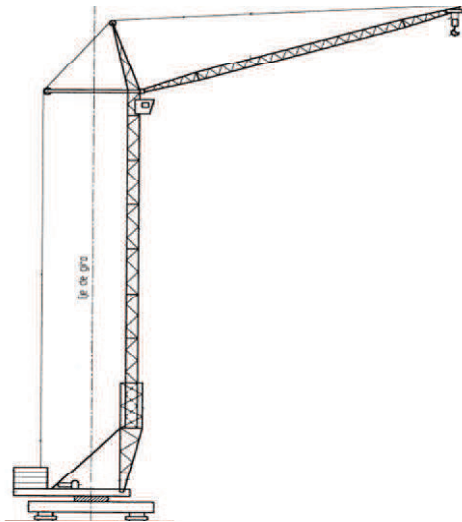


contrapesos generalmente colocados; solo hay que nivelarla, desplegarla y en el momento que se esté armando puede ser calibrado.

- b. **Grúa-Torre.-** Es aquella que se va armando por tramos, ayudada en su primera parte por una moto-grúa, luego se continúa adicionando tramos mediante una operación llamada telescopaje.
  
- c. **Grúa-Torre Automontable.-** Es la combinación de las dos anteriores y además se le puede adicionar algunos tramos. Se ha hecho ya muy popular el empleo de este tipo de grúas en la edificación de pequeña altura y espacios abiertos. Estas grúas son fácilmente trasladadas, puesto que se pueden enviar como unidades compactas en tráiler, con sus contrapesos, incluso las de gran capacidad. Este tipo de grúas ha incorporado la posibilidad de trepado para conseguir mayores alturas de empleo.

### III. Forma de Pluma:

- a. **Grúa-Torre de Pluma Horizontal.-** Como su nombre lo indica es aquella cuya pluma se encuentra perpendicular a la torre o mástil.
- b. **Grúa-Torre de Pluma Abatible.-** Este tipo de grúa permite variar la geometría de empleo de la pluma, pudiendo utilizarse en posición horizontal, ángulo obtuso y recto. Esta característica la hace especialmente indicada para determinadas construcciones, como por ejemplo, torres de refrigeración y torres de televisión.



**FIGURA 1.8 GRÚA-TORRE DE PLUMA ABATIBLE [5]**

#### IV. Forma de apoyo:

- a. **Grúa-Torre Rodante.-** Es el modelo de grúa más empleado para la construcción de bloques de departamentos y en edificaciones de torres aisladas, permiten trasladar la grúa con carga sobre una vía previamente estudiada e instalada en obra. Dada la importancia que tienen las vías de traslación para un buen desempeño de estos equipos, es conveniente respetar todas las medidas de seguridad que se adaptan en estos casos.
  
- b. **Grúa-Torre Fija.-** La grúa se ubica en un punto, sobre un chasis y se distribuye en el área de círculo abarcada por la pluma.
  
- c. **Grúa-Torre Trepadora.-** Es una grúa cuyo sistema de montaje le permite aumentar de altura desplazándose por el interior del edificio a medida que éste aumente de altura. Todos sus esfuerzos de carga tanto horizontal como vertical son transmitidos al edificio a través de estructuras soportantes.

- d. **Grúa-Torre Anclada al Edificio.-** Cuando una grúa torre sobrepasa su altura rodante determinada por su estabilidad, en trabajo y fuera de servicio, expuesta a excesiva velocidad del viento, es preciso asegurarla, anclándola, si la grúa se encuentra próxima a un edificio, y arriestrándola por medio de vientos si la grúa se encuentra en una obra despejada.
- e. **Grúa-Torre sobre camión.-** Este tipo de grúa representa una alternativa práctica a la grúa convencional sobre camión, puesto que a la misma rapidez de traslado entre diferentes puntos de trabajo se añade la ventaja que representa la superior altura de arranque de pluma, que tiene la incorporación de la grúa.



**FIGURA 1.9 GRÚA-TORRE SOBRE CAMIÓN**

A continuación la Figura 1.10 detalla los Movimientos de una Grúa-Torre con pluma horizontal y carro distribuidor versión rodante vía riel junto con las partes principales.

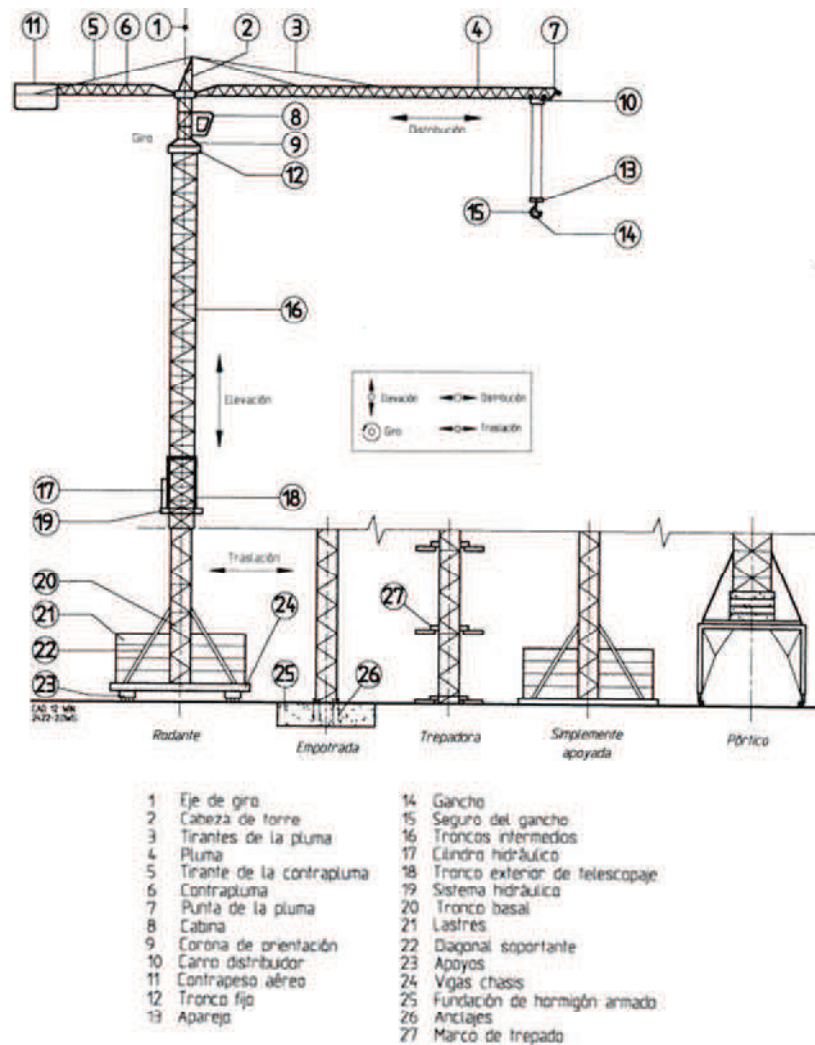


FIGURA 1.10 PARTES Y GRADOS DE LIBERTAD DE UNA GRÚA-TORRE

[5]

**Grados de Libertad:**

- A. Elevación.
- B. Giro.
- C. Distribución de Carga.
- D. Traslación.

**1.3 Sistemas y Mecanismos.**

Una Grúa-Torre hace posible sus movimientos gracias a los distintos sistemas y mecanismos, donde la principal fuente de energía es la electricidad.

1) **Sistema de Elevación.-** Es el conjunto de elementos mecánicos que permiten subir y bajar carga. Está constituido por:

- a. Motor de Elevación Eléctrico.
- b. Un Reductor de Elevación.
- c. Un Tambor de Enrollamiento.
- d. Un Cable de Elevación.

2) **Mecanismo de Giro.**- Es el que permite girar la pluma 360° en el plano horizontal y está constituido por:

- a. Un Freno Hidráulico.
- b. Un Acoplamiento Hidráulico.
- c. Un Reductor.
- d. Un Motor Eléctrico.
- e. Una Corona y Piñón de Giro.

3) **Mecanismo del Carro Distribuidor.**- Es el que permite mover hacia adelante y hacia atrás el carro y de esta manera trasladar la carga en el plano horizontal. Este mecanismo está conformado por:

- a. Un Motor Eléctrico.
- b. Un Tambor de Enrollamiento.
- c. Un Carro Metálico.
- d. Un Reductor.
- e. Polines

- 4) **Mecanismo de Traslación sobre vía.-** Es el que permite trasladar la grúa hacia adelante y hacia atrás en una vía tipo ferroviaria y está constituido por:
- a. Uno o Dos Motores Eléctricos.
  - b. Uno o Dos Reductores.
  - c. Uno o Dos Rodillos o Ruedas de Traslación (por eje de apoyo).
- 5) **Mecanismos de Seguridad.-** Los mecanismos de seguridad de una grúa deben ser periódicamente revisados y mantenerse en óptimas condiciones, ésta va a ser la única forma de preservar tanto la vida de las personas como la de la máquina. Las grúas-torre deben disponer de los siguientes mecanismos de seguridad:
- a. Limitador de Carga Máxima.
  - b. Limitador de Momento Máximo.
  - c. Limitador del Levante Superior del Gancho.
  - d. Orientación al Viento.
  - e. Limitadores de Recorrido.
  - f. Limitadores de Ángulos en Pluma Inclinada.
  - g. Freno de Recorrido Sobre el Riel.



## 1.4 Operación y Seguridades.

### Condiciones de Operación:

- I. La Grúa-Torre debe ser operada por una persona debidamente calificada para este efecto.
  
- II. El propietario de la Grúa-Torre debe establecer instrucciones escritas de trabajo, en que se describan las medidas de seguridad a adoptar durante:
  - a. La puesta en servicio inicial del equipo.
  - b. El trabajo diario.
  - c. Durante las detenciones normales o de emergencia de la grúa-torre.
  
- III. Las instrucciones de trabajo deben describir, entre otros, las medidas de seguridad que se deben adoptar para:
  - a. Evitar la caída de objetos, sean éstos transportados por la grúa-torre o accidentalmente golpeados por la carga en el curso de su desplazamiento.

- b. Hacer frente a fenómenos atmosféricos, tales como, viento neblina, escarcha, lluvia y nieve.
  - c. Asegurar la protección del personal que trabaje en labores de inspección, engrase, limpieza, mantención o reparación de la grúa-torre.
- IV. Las instrucciones de trabajo deben hacer especial referencia a la prohibición de transportar personas, o que el personal suba sobre la carga o se suspenda del gancho y/o brida durante las maniobras.

### **Formas de Operación**

Existen básicamente tres posibilidades de operar una grúa-torre:

- A. Botonera
- B. Joystick
- C. Joystick en Sillón

Los dos primeros sistemas (A, B) permiten una operación a distancia; es decir, permiten al operador desplazarse, al mismo punto en que se efectúa el trabajo, logrando de este modo una mayor seguridad en una determinada operación.

Usualmente, cuando la visibilidad lo permite, se opera directamente de la cabina de comando (C), trasladando ya sea la botonera, o caja de comando de ella. Y con la ayuda del señalero es posible hacer los movimientos requeridos.

Los sistemas de comandos de palanca indicados anteriormente tienen los siguientes movimientos de operación:

- a. Puesta en Marcha de la Grúa.
- b. Bocina de Advertencia.
- c. Subida de Carga.
- d. Bajada de Carga.
- e. Traslación del Carro Distribuidor hacia Adelante.
- f. Traslación del Carro Distribuidor hacia Atrás.
- g. Giro hacia la Derecha.
- h. Giro hacia la Izquierda.
- i. Traslación sobre Rieles hacia Adelante.
- j. Traslación sobre Rieles hacia Atrás.
- k. Parada de Emergencia.

### **Mecanismos de Seguridad:**

Se han clasificado los mecanismos de seguridad en tres tipos:

#### **I. Limitadores de Esfuerzos:**

- 1) **Limitador de Par Máximo o de Momento Máximo.-** Este mecanismo tiene por misión limitar la carga elevada en función de la distancia y la traslación del carro en función de la carga; por lo tanto, al activarse por exceso de carga bloquea automáticamente la elevación y el avance del carro en la pluma, dejando operables naturalmente los movimientos contrarios, esto es, carro hacia atrás y bajada del gancho.

En muchas grúas-torre se encuentra ubicada en el ángulo recto de la torre; en otros modelos se encuentra en el tensor de la pluma, y en el cable de suspensión.

La calibración de este limitador se hace con la carga nominal, más 10% o 5% en la punta de la pluma y su regulación está dada por un micros-switch de funcionamiento eléctrico. Es importante advertir que este 10% o 5% no significa que pueda levantar más carga como se cree normalmente, sino solo para calibrar la grúa; este corte compensa el efecto dinámico del inicio de levante de una carga, lo que sobrepasa temporalmente la carga máxima a izar, diseñada y calculada por el fabricante. En

caso contrario, no se podría levantar la carga máxima que la grúa puede izar; es decir, se izaría menos. Por ningún motivo el operador y/o mecánico de obra, puede alterar esta calibración.

- 2) **Limitador de Carga Máxima.**- El objetivo de este tipo de seguridad es impedir que se sobrepase la carga máxima que ha sido calculada para la grúa-torre. Actúa directamente sobre el huinche de elevación, debido a la tracción ejercida por el cable, limita igual que al caso anterior, la carga elevada en función de la distancia y la traslación del carro en función de la carga.

Se encuentra siempre ubicado en la cúspide o en la pluma; su función es la misma solo cambia el diseño.

## II. Limitadores de Carrera:

- 1) **Limitador de Fin de Carrera Superior e Inferior del Gancho.**- La función de este tipo de dispositivo de seguridad es evitar que por un error de operación, el gancho golpee las catalinas del carro provocando que el cable de elevación se corte, o que se golpee el gancho en el suelo desenrollándose el cable del tambor o

descarrilándose este cable de elevación de las catalinas guías, con el peligro de cortarse por roce o estrangulación. Esto quiere decir que, controla el número de vueltas efectuadas por el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación, evitando que se produzca un accidente.

Es importante tener presente, que normalmente en las obras existen más de dos niveles de trabajo y el limitador es regulado para el más desfavorable. Por esta razón, en algún instante el limitador no operará, porque estará en un nivel superior al regulado. Este limitador se encuentra ubicado normalmente en el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación.

- 2) **Limitador del Carro Distribuidor.-** Este limitador actúa sobre el tambor de enrollamiento del huiñche del carro y limita el recorrido atrás o delante de éste. El movimiento del carro se controla además mediante topes plásticos, los que evitan mecánicamente que el carro se salga de su pista de traslación.

- 3) **Limitador de Giro de la Pluma.-** Este limitador evita que la pluma choque con obstáculos vecinos. También impide la torsión y destrucción del cable de alimentación.
- 4) **Limitador de Carrera de Telescopaje.-** Es un limitador que evita que el tramo se salga de sus correderas.
- 5) **Limitador de Velocidad.-** Su misión es detener el movimiento. Generalmente actúa sobre la tracción del cable de elevación y su función es evitar que la grúa levante una carga mayor que la determinada para cierta velocidad de elevación.
- 6) **Sistema de Enclavamiento Automático del Carro.-** Este mecanismo actúa en el carro distribuidor de cargas y su función es trabar éste ante la eventualidad de que se corte su cable de tracción; con este sistema se evita que cualquier carga se deslice hacia el punto o hacia el mástil de la grúa.
- 7) **Limitador de Recorrido de Traslación de la Grúa.-** Este limitador sólo es aplicable en grúas rodantes y evita que ésta se salga de la vía por error de operación o accidente.

Detiene el movimiento de la grúa cuando esta llega a los extremos de la vía.

- 8) **Sistema de Puesta en Bandera o Veleta.-** Actúa directamente en el freno de motorreductor de giro, desbloqueándolo con el objeto de que la pluma se oriente con el viento, cuando está fuera de servicio, a fin de oponerle la menor resistencia posible al viento. Es decir, permite que la pluma se oriente a la posición del viento. Hoy en día las grúas modernas se orientan automáticamente con vientos superiores o iguales a 72 Km/h.
- 9) **Selección Automática de Velocidad.-** Es un sistema automático de control de velocidad que permite el cambio secuencial de las velocidades, de la más baja a la mayor velocidad, tanto de subida como de bajada.
- 10) **Topes de Traslación.-** Es un sistema mecánico que se debe ubicar en ambos extremos de la vía, y su función es evitar que la grúa se salga de ésta, por acción del viento o accidente.



11) **Sistema de Hombre Muerto.**- Ante la eventualidad de que el operador sufra un percance que lo invalide operar la grúa, todos los movimientos se detienen de inmediato porque los comandos vuelven automáticamente a posición cero.

III. **Limitadores de Advertencia o Bocina de Alarma.**- Indica la puesta en marcha de la grúa. Está comandada directamente por el operador de la grúa, en el comando respectivo, y es muy útil para avisar al personal la aproximación de la carga al lugar de trabajo. Es importante señalar además, que funciona automáticamente con el limitador de par o momento máximo y con el limitador de carga máxima, avisando al operador cuando la grúa se ha desconectado por sobrecarga.

## 1.5 Estándares y Normas Técnicas Aplicables.

### **CEN**

Comité Europeo de Normalización es ahora el grupo que está desarrollando normas en Europa, y estas son cada vez más reconocidas en todo el mundo. Las normas de las grúas, bandas transportadoras y equipos de manejo de materiales son incluso renovadas y revisadas periódicamente. Las Normas CEN, en el futuro, reemplazarán todas las normas DIN, BS, NEN, NBN, NF,

etc. Los miembros del CEN son los organismos nacionales de normalización de Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, los Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Reino Unido.

## **ISO**

La ISO (Organización Internacional para la Estandarización) es muy reconocida en el mundo y tiene normas especiales para grúas. El trabajo de preparación de las Normas Internacionales es normalmente llevado a cabo a través de los comités técnicos de la ISO.

Normas Internacionales para Grúas-Torre en Particular:

**ISO 4301-1** Grúas y Aparatos de Elevación-Clasificación-Parte 1:  
Generalidades.

**ISO 4301-3** Grúas-Clasificación-Parte 3: Grúas-Torre.

**ISO 4306-3** Grúas-Vocabulario-Parte 3: Grúas-Torre.

**ISO 7752-3** Grúas-Controles-Diseño y Características-Parte 3:  
Grúas-Torre.

**ISO 8566-3** Grúas-Cabinas-Parte 3: Grúas-Torre.

**ISO 8686-1** Grúas-Principios de Diseño para Cargas y Combinación  
de Cargas-Parte 1: Generalidades.

**ISO 8686-3** Grúas-Principios de Diseño para Cargas y  
Combinación de Cargas-Parte 1: Grúas-Torre.

### **MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO (AISC).**

Para el buen desarrollo de la presente tesis de grado se utilizará ciertas recomendaciones expuestas en el Manual de Construcción en Acero del AISC por sus siglas en inglés, Instituto Americano de Construcción en Acero.

El Instituto Americano de Construcción en Acero se fundó en 1921, es una organización técnica-comercial sin fines de lucro para la industria de acero estructural fabricado en los Estados Unidos.

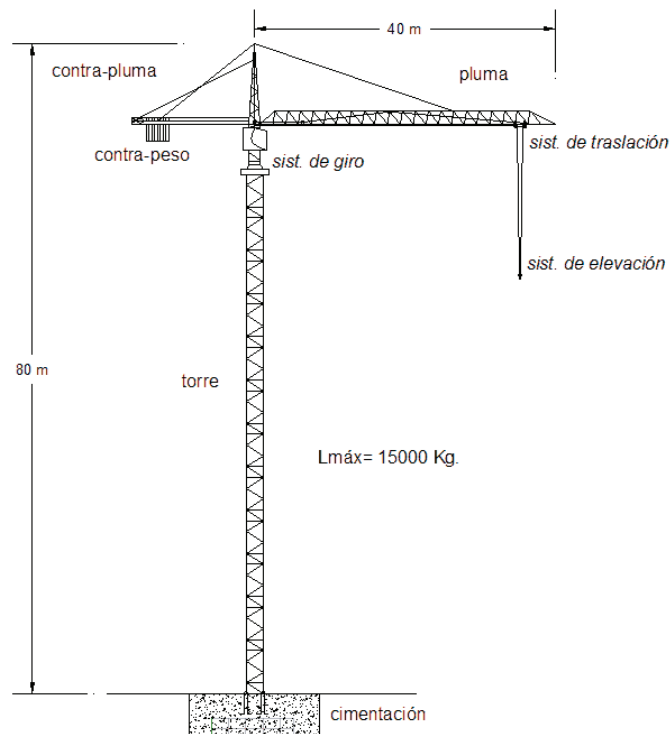
Los objetivos del instituto son mejorar y avanzar en el uso de acero estructural fabricado a través de estudios de investigación e ingeniería para desarrollar el más eficiente y económico diseño de estructuras. También lleva a cabo programas para mejorar la calidad de los productos.

# CAPÍTULO 2

## 2. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS.

### 2.1 Diseño de Forma de Grúa-Torre Seleccionada.

La Grúa-Torre seleccionada es del tipo fija, con una pluma horizontal de 40 metros de alcance, cuya altura será de 80 metros y capaz de levantar hasta 15 toneladas. La Figura 2.1 muestra las características mencionadas como parte del diseño de forma de la Grúa-Torre.



**FIGURA 2.1 DISEÑO DE FORMA DE GRÚA-TORRE SELECCIONADA**

## Componentes Estructurales

### Torre

La Torre estará conformada por tramos de estructura metálica de celosía cuya sección transversal será cuadrada. El material de los perfiles a utilizar será ASTM A572 Gr. 50 [6], recomendable para la estructura de este tipo de maquinaria de elevación. La Torre, en su conjunto tendrá una altura de 81 metros; sin embargo existe otra estructura que se denomina cabeza de torre que tendrá 7.5 metros de altura y se acoplará a la Torre o Mástil, en la cabeza de la torre

se alojarán ciertas poleas del sistema de elevación, así como también servirá de bastidor para los tensores de la pluma y contrapluma.

### **Pluma**

La Pluma estará conformada por tramos, cuya sección será triangular. Tendrá una longitud máxima de 40 metros, y en la parte inferior se situará el carro distribuidor de carga, estará soportado mediante perfiles UPN que además servirán de carriles para el carro o *trolley*.

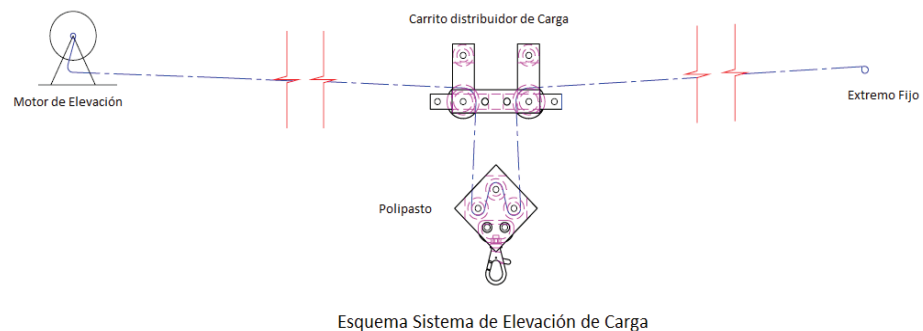
### **Contra-Pluma**

La Contra-Pluma es el elemento que sirve para equilibrar la Grúa, estará unida a la Torre en la zona opuesta de la unión con la Pluma, formada de varios perfiles metálicos, de tal forma que permita el paso del personal desde la torre hacia los contra-pesos. La longitud aproximada de la contra-pluma será de 15 metros.

A continuación se detallan los sistemas que dotarán los grados de libertad a la Grúa-Torre:

## Sistema de Elevación

El movimiento de elevación se consigue por un cable metálico cuyos extremos están fijados por una parte al tambor de enrollamiento y en el tope de la pluma, este transcurre por el carro elevador y de él colgará un polipasto, este elemento es muy importante porque podría reducir hasta en un 25% la fuerza que debe ejercer el motor para sustentar la carga. La velocidad de elevación será 10 m/min.



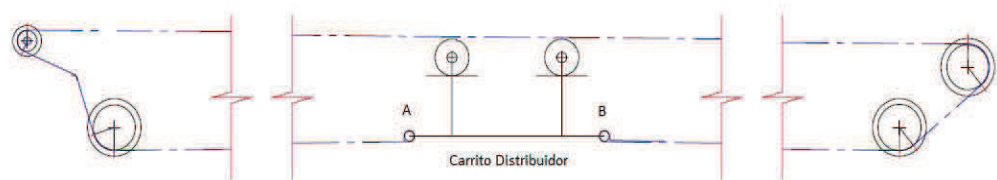
**FIGURA 2.2 ESQUEMA SISTEMA DE ELEVACIÓN DE CARGA**

## Sistema de Traslación

Para obtener el movimiento de traslación del carro elevador se dispone en sus extremos de un segundo sistema de cables que circula por un motor independiente abrazando su tambor de salida,



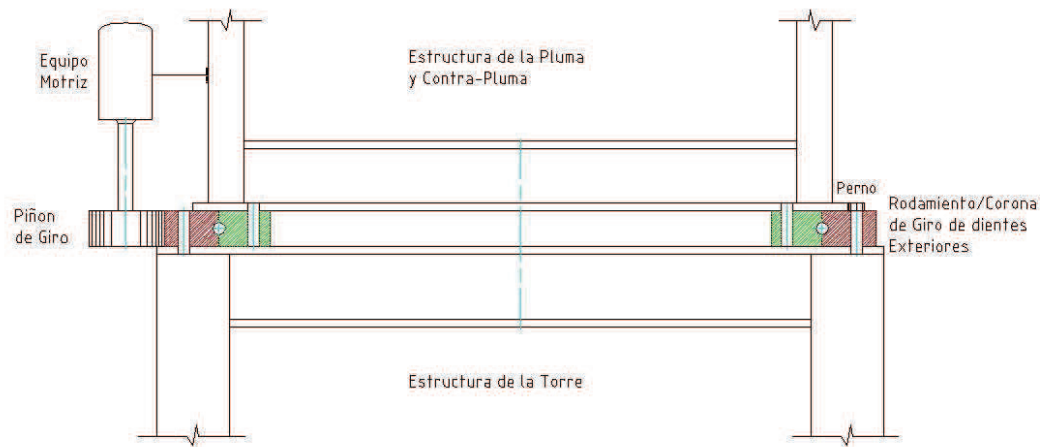
al girar el motor debido al rozamiento entre el tambor y el hilo se tensiona uno de los ramales del cable metálico y éste tira del carro.



**FIGURA 2.3 ESQUEMA SISTEMA DE TRASLACIÓN**

### **Sistema de Giro**

Para resolver la rotación de la parte superior se contará con un mecanismo corona-piñón junto con un rodamiento en el cual la rueda dentada conducida se encuentra fija a la estructura y al girar la rueda conductora transmite una fuerza tangencial que se traduce en movimiento al vencer el par de giro del rodamiento.



**FIGURA 2.4 ESQUEMA DE LA PLATAFORMA DE GIRO**

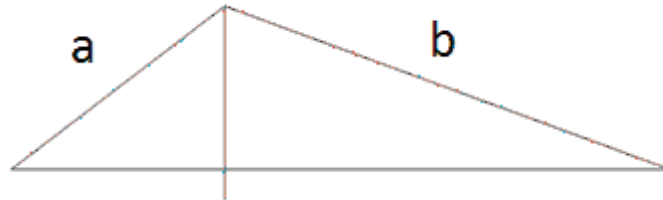
## 2.2 Componentes Estructurales.

La estructura metálica de las grúas torre es siempre en celosía. Este tipo de construcción facilita el montaje y desmontaje en unidades de transporte y aligera la estructura de forma notable.

En definitiva la estructura de la Grúa-Torre se puede distinguir dos superestructuras:

- Estructura Superior.
- Torre

La Estructura Superior se compone de la pluma, los tirantes o tensores y la cabeza de la torre o parte superior de la torre.



**FIGURA 2.5 ESQUEMA DE ESTRUCTURA SUPERIOR**

Los Tirantes o Tensores *a* y *b* se disponen para reducir la flecha en punta de la pluma y disminuir los esfuerzos de flexión en pluma. Su inclusión en una grúa de estas características es fundamental debido a los fuertes voladizos que alcanza la pluma.

La Torre, está solicitada a flexión y a compresión. La concentración de esfuerzos sucede en su extremo superior debido a la zona de aplicación de cargas y asimismo una zona crítica es la parte inferior de la torre debido al empotramiento.

Al momento de calcular la estructura se toman las siguientes solicitaciones:

- Peso de la Carga Útil.
- Peso del Contrapeso.

- Peso Propio.
- Viento

En base al Esquema de pre-cálculo de una Grúa-Torre (ver figura 2.6) se obtiene el siguiente análisis:

- Los Tirantes trabajan a tracción.
- La Cabeza de la Torre trabaja a compresión, flexión y cortadura. Su esfuerzo de trabajo será:  $\sigma = \sqrt{(\sigma_c + \sigma_f)^2 + 3\tau_c^2}$  [7].

Con:

$\sigma$  = Esfuerzo de Trabajo.

$\sigma_c$  = Esfuerzo de Compresión.

$\sigma_f$  = Esfuerzo de Flexión.

$\tau_c$  = Esfuerzo de Cortadura.



$P_p$  = Peso Propio.

$A$  = Área de Compresión.

$W$  = Módulo resistente a flexión vertical.

De forma que el esfuerzo de trabajo es:

$$\sigma = \frac{P + P_c + P_p}{A} + \frac{P \cdot l_1 - P_c \cdot l_2 + P_p l_3}{W} [7]$$

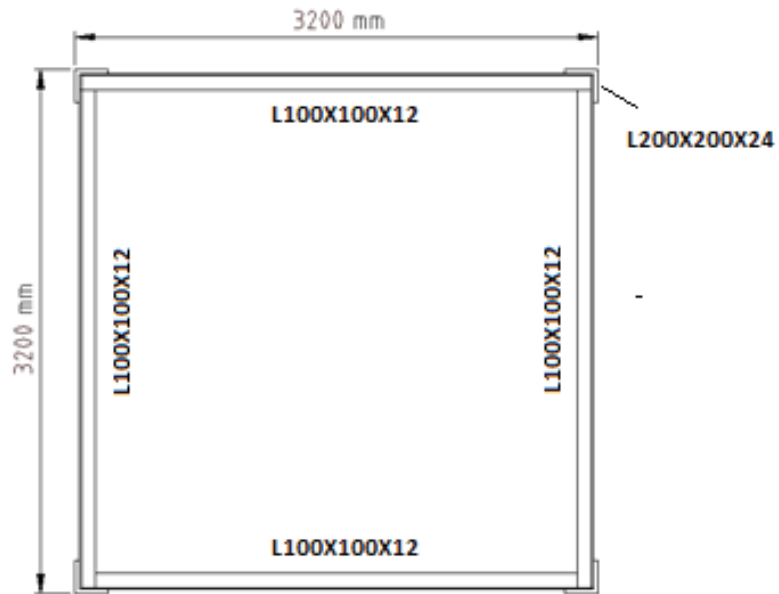
### 2.2.1 Torre.

Estará conformada por tramos de la siguiente manera:

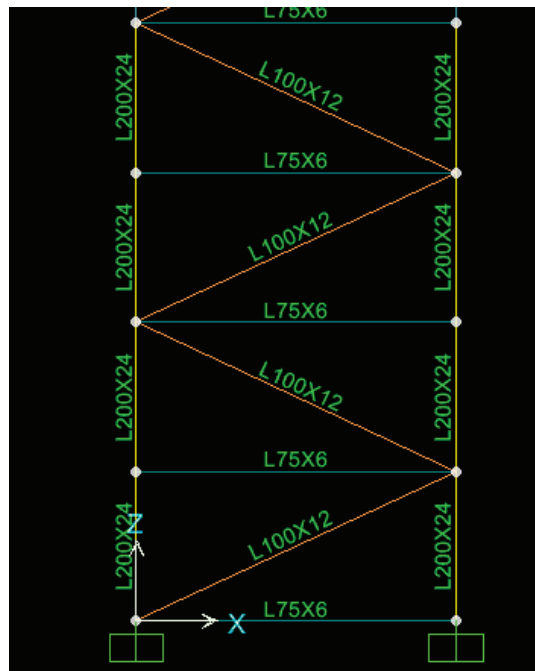
**TABLA 1**  
**TRAMOS TIPO DE LA ESTRUCTURA TORRE**

Tramo	Longitud [mm]	Cantidad	Altura [mm]
TIPO 1 o Base	6000	1	6000
TIPO 2	6000	4	30000
TIPO 3	6000	2	42000
TIPO 4	6000	3	60000
TIPO 5	6000	3	78000
TIPO 6	1500	1	79500
TIPO 7G	1500	1	81000
TIPO 8CT	7500	1	88500

Del Tramo Tipo 1 al Tipo 6 tienen la configuración mostrada en la Figura 2.7 en lo que difieren los Tramo Tipo será en el perfil o sección utilizado en la estructura principal del Tramo.



**FIGURA 2.7 VISTA DE PLANTA CONFIGURACIÓN TRAMO TIPO 1-6**

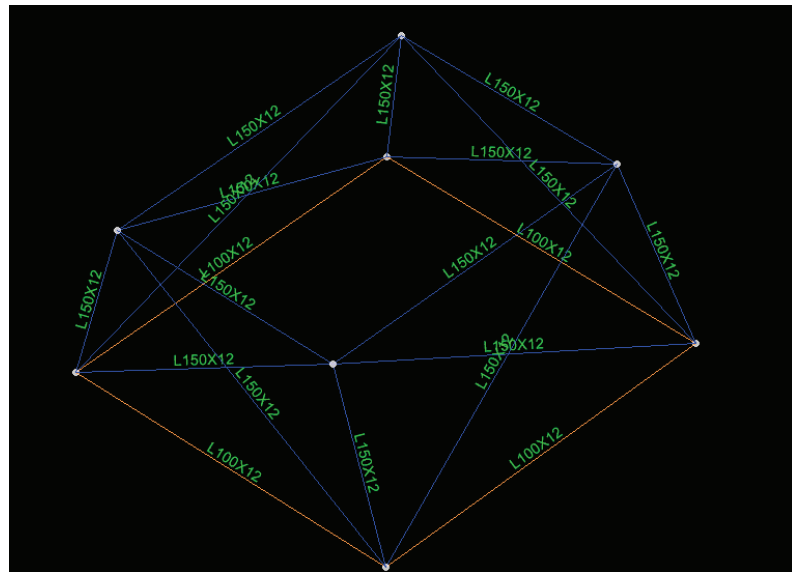


**FIGURA 2.8 VISUALIZACIÓN DE TRAMO TIPO 1 EN SAP  
2000®**

El tejido de la celosía estará conformado en todos los tramos Tipo por Perfiles L100X12 y L75X6, tal como se puede apreciar en la Figura 2.8 en el caso particular del Tramo Tipo 1 o Base.

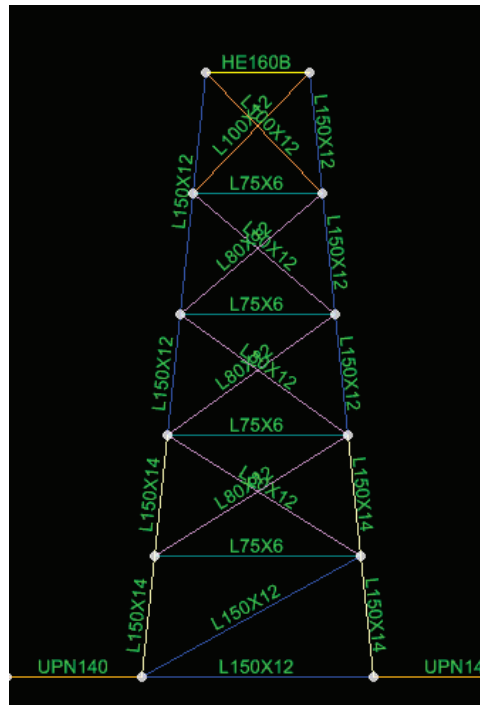
Los Tramos Tipo 7G y 8CT son tramos especiales pues se trata del tramo que contendrá el mecanismo de Giro y la Cabeza de la Torre respectivamente.





**FIGURA 2.9 VISUALIZACIÓN DE TRAMO TIPO 7G EN SAP  
2000®**

La Figura 2.9 muestra el Tramo Tipo 7G que consiste en una transición de 3200mmX3200mm a 2881mmX2200mm y una longitud de 1500mm.



**FIGURA 2.10 TRAMO TIPO 8CT, CABEZA DE TORRE, EN SAP 2000®**

La Figura 2.10 muestra una visualización en SAP 2000® de la Cabeza de la Torre, que es una transición de 1287,5mmX2200mm a 2881mmX2200mm y de 7500mm de longitud.

### 2.2.2 Pluma.

La pluma estaría compuesta en su mayoría por tubos cedulaados bajo norma ASTM A53 Gr50.

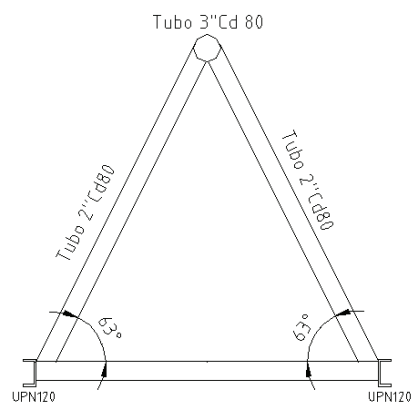
Estará conformado por tramos en celosía de la siguiente manera:

**TABLA 2**

**TRAMOS TIPO DE LA ESTRUCTURA PLUMA**

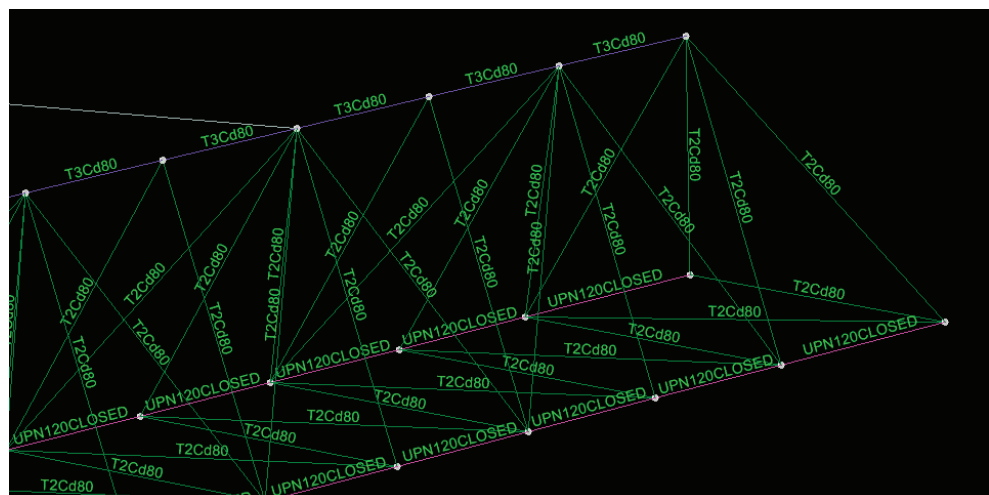
Tramo	Longitud [mm]	Cantidad	Distancia Horizontal [mm]
TIPO P1	9660	1	9660
TIPO P2	12000	1	21660
TIPO P3	12000	1	33660
TIPO P4	6000	1	39660

Los Tramos Tipo de la Estructura de la Pluma tendrá la configuración mostrada en la Figura 2.11, donde se muestra una sección triangular.



**FIGURA 2.11 CONFIGURACIÓN TRAMO TIPO DE ESTRUCTURA DE PLUMA**

El Tramo TIPO P4 se puede apreciar en la Figura 2.12, la que muestra su configuración y el tejido en celosía compuesta por tubos redondos de 2" de diámetro, que serán empleados a lo largo de todos los tramos de la pluma; además se puede apreciar en la parte inferior los perfiles UPN120 que servirán de rieles para el carro distribuidor. La utilización de estas UPN120 se mantendrá en todos los tramos Tipo de la estructura de la Pluma a excepción de los primeros 2,15 metros de la pluma donde se utilizará UPN140, el tubo que variará será el de la parte superior (T3Cd80) y solo en el Tramo TIPO P1 en el cual se utilizará un tubo de 4" de diámetro.



**FIGURA 2.12 VISUALIZACIÓN TRAMO TIPO P4 EN SAP2000®**

### 2.2.3 Contra-Pluma.

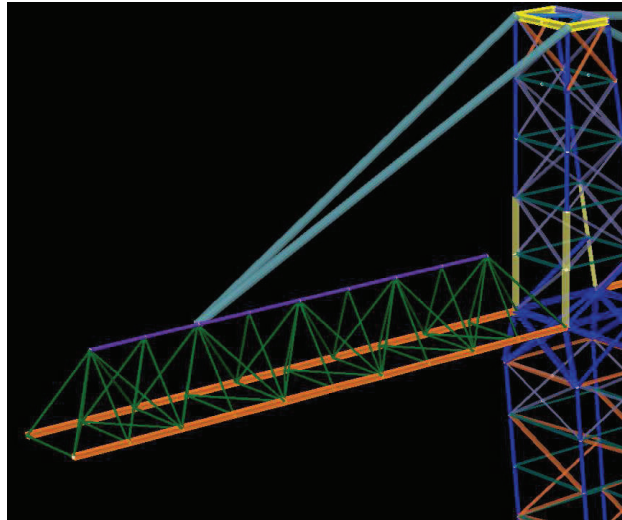
La Contra-Pluma es el componente estructural que equilibrará la Grúa-Torre y donde se alojarán los contrapesos. Estará conformada por 2 Tramos, uno de 9160 mm. y el otro de 6000 mm. de longitud. Su configuración es similar a la de la estructura de la pluma, sin embargo, se consideró utilizar en la parte inferior UPN140 a fin de generar un contra-peso mayor; el tejido de la celosía es el mismo y estará compuesto por tubos ASTM A53 Gr50.

**TABLA 3**

#### **TRAMOS TIPO DE ESTRUCTURA CONTRA-PLUMA**

<b>Tramo</b>	<b>Longitud [mm]</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Distancia Horizontal [mm]</b>
TIPO CP1	9160	1	9160
TIPO CP2	6000	1	15160

La Figura 2.13 muestra la Contra-Pluma representada en SAP2000 la misma que cuenta con dos tensores que tendrán como bastidor la cabeza de la Torre.

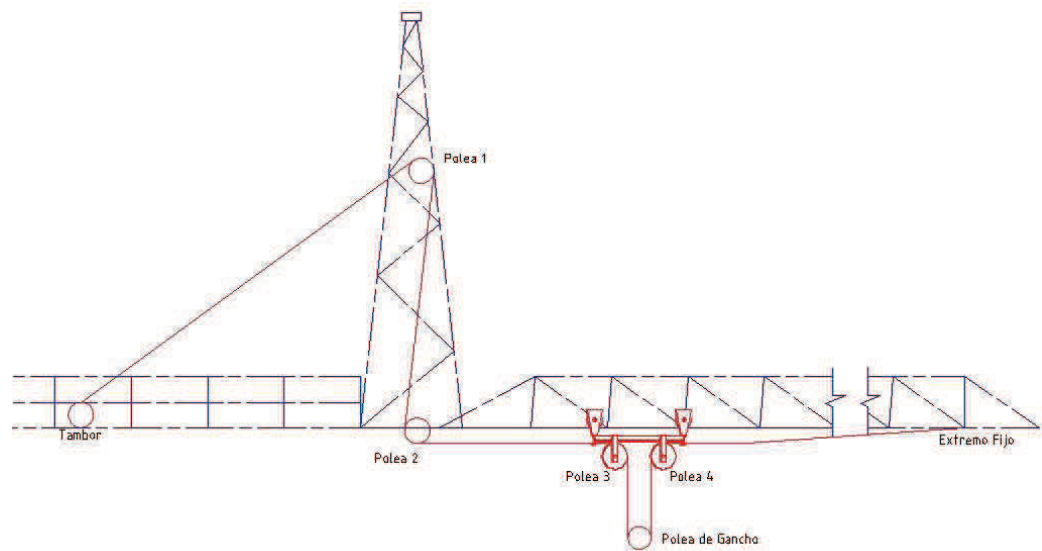


**FIGURA 2.13 REPRESENTACIÓN DE CONTRA-PLUMA EN  
SAP2000®**

Los contrapesos se situarán a 13 metros de la Contra-Pluma y se utilizará un contrapeso de 13 toneladas (*ver Capítulo 3*).

### **2.3 Sistema de Elevación.**

El sistema de elevación estará conformado por un cable metálico, tambor de enrollamiento y poleas (*ver 2.3.2*), y el equipo motriz que hace posible el movimiento del sistema. El sistema de elevación estará ubicado en la estructura superior de la Grúa-Torre. Se puede visualizar en la Figura 2.14 el número de poleas y la ubicación de las mismas en el sistema.



**FIGURA 2.14 DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE POLEAS SISTEMA DE ELEVACIÓN**

La ubicación y la función de las poleas del sistema de elevación se describen a continuación en la Tabla 4:

**TABLA 4**  
**UBICACIÓN Y FUNCIÓN DE POLEAS DE SISTEMA DE**  
**ELEVACIÓN**

Polea	Ubicación	Función
Polea 1	Plataforma de Giro	Cambia la Dirección y Sentido del cable en la salida y entrada del Tambor para conservar la altura que hay entre el Tambor y el Carro.
Polea 2	Plataforma de Giro	Cambia la Dirección y Sentido del cable hacia el Carro para conservar la altura que hay entre el Tambor y el Carro.
Polea 3	Carro	Permite el movimiento del Carro sin variar la altura del Gancho.
Polea 4	Carro	Permite el movimiento del Carro sin variar la altura del Gancho.
Polea de Gancho	Gancho	Dará la Altura del Gancho.

### **2.3.1 Selección del Cable y Diseño de Uniones.**

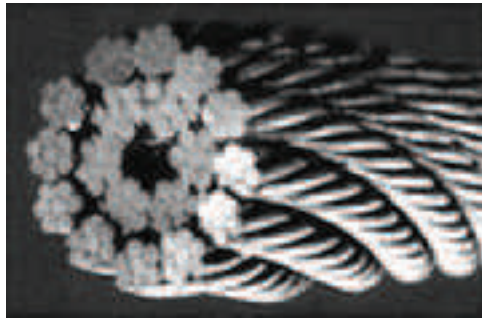
Como órganos flexibles de las máquinas para elevar carga se emplean preferentemente los cables metálicos.

#### **Cables Metálicos**

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



esfuerzos de extensión. Frecuentemente el elemento central es una alma de cable metálico independiente, es lo que muestra la Figura 2.16 IWRC=Independent Wire Rope Core.



**FIGURA 2.15 CABLE METÁLICO**

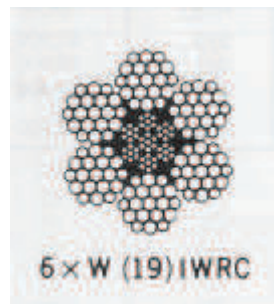
Los elementos componentes del cable son:

Alambre: generalmente de acero trefilado al horno, con carga de rotura a tracción entre 1200 y 1800 MPa.

Almas: son los núcleos en torno a los cuales se enrollan los alambres y los cordones. Suelen ser metálicas, textiles (cáñamo, algodón) o incluso amianto.

Cordones: son las estructuras más simples que se puede constituir con alambres y almas: se forman trenzando los alambres, bien sobre un alma o incluso sin alma.

Cabos: son agrupaciones de varios cordones en torno a un alma secundaria utilizados para formar otras estructuras.



**FIGURA 2.16 CABLE CON ALMA DE CABLE METÁLICO INDEPENDIENTE**

### **Notación de la Estructura del Cable**

#### **Fórmula Abreviada**

Constituida por tres cifras, las dos primeras separadas por el signo "x" y las dos últimas por el signo "+".

1° - # de cordones del cable.

2° - # de alambres de los cordones.

3° - # de almas del cable.

Ejemplo: 6x19+1.

Cable de 6 cordones, 19 alambres y 1 alma.

### **Fórmula Desarrollada**

Se añade al segundo número un paréntesis que contiene la disposición de los alambres dentro del cordón.

Ejemplo:  $6 \times 19(1+9+9)+1$

Cable de 6 cordones, 19 alambres distribuidos 1, 9, 9, y 1 alma.

Según la aplicación de los cables y considerando cargas y servicio, se dispone:

Grupo I, cables sometidos a cargas parciales y servicio poco frecuente.

Grupo II, cables sometidos a cargas totales y servicio normal.

Grupo III, cables sometidos a cargas totales y servicio frecuente.

El factor de seguridad  $n$ , a la rotura de los cables, se establece:

Grupo I,  $n = 6-7$

Grupo II,  $n = 7-8$

Grupo III, n = 8-10

El diámetro del cable se obtiene:

$$d \approx k\sqrt{T} [8], \text{ siendo:}$$

d = diámetro del cable en mm.

T, la carga total o tracción a que está sometido el cable, Kgf

k, un coeficiente, que se dispone de:

k=0.32-0.34 para el Grupo I.

k=0.34-0.36 para el Grupo II.

k=0.36-0.39 para el Grupo III.

El diámetro de las poleas y del tambor de enrollamiento del cable resulta:

$$D \approx n\sqrt{T}, [8]$$

D = Diametro de las poleas y de tambor en mm

### **Factores a Considerar para la Selección del Cable**

- Cuanto mayor es el número de alambres de un torón, más flexible es el cable, recíprocamente,
- Cuanto menor es el número de alambres, más rígido es el cable.

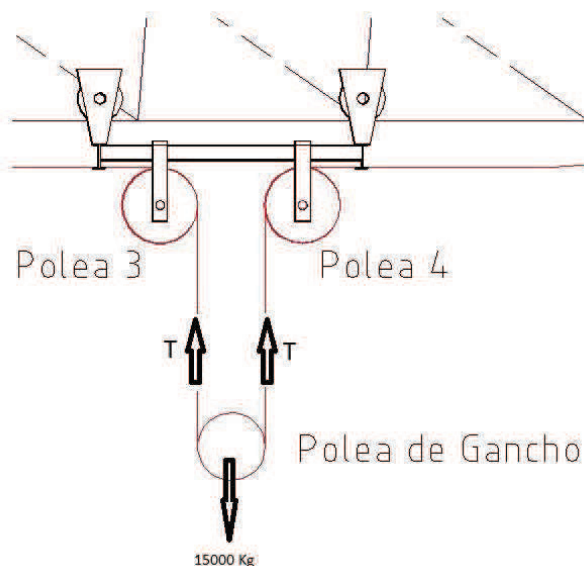
- Los cables constituidos por alambres pequeños son adecuados para dobleces pronunciados.
- Los alambres exteriores están sometidos a desgaste cuando rozan superficies (pasando sobre una polea), y los alambres pequeños se desgastarían más rápidamente que los grandes.

### Selección del Cable

El cable pertenecerá al Grupo II por lo tanto:

$n=8$  y  $k=0.35$

Para definir la carga total o tracción a la que está sometido el cable se basará del siguiente diagrama de fuerzas.



**FIGURA 2.17 DIAGRAMA DE FUERZAS CABLE DE ELEVACIÓN**

Por lo tanto  $2T = 15000Kg$ , despejando se obtiene  $T=7500$  Kg.

Se procede a calcular el diámetro mediante:  $d \approx k\sqrt{T}$ ,

$$d \approx 0.35\sqrt{7500} \approx 30.31 \text{ mm}$$

La carga a la rotura será  $Tr = nT = 7(7500) = 60000Kgf$

Se selecciona un Cable 6X37+1 cuya resistencia de los alambres será de 180 Kg/mm<sup>2</sup>, con un diámetro  $\varnothing=33\text{mm}$ . y de 70600 Kgf de resistencia a la rotura. Ver Apéndice B, Fórmulas y Datos de Selección.

### **Unión de Cables**

Los sistemas de unión de cables comúnmente utilizados son:

a) Trenzado.- La unión de cable mediante trenzado es un trabajo muy delicado que requiere operarios muy especializados. La operación consiste en destrenzar los extremos de los cables a empalmar, para trenzarlos de nuevo conjuntamente de forma manual.

b) Con Casquillos.- Consiste en un manguito de aleaciones especiales que presenta muy buenas características para su conformación en frío. Se coloca a presión sobre los ramales del cable que se pretende unir.

c) Con Metal Fundido.- Se emplean casquillos generalmente de forma cónica, en los que por el extremo menor se introduce el cable, y en el que se vierte un metal fundido que suele ser zinc puro o una aleación de plomo-antimonio.

Este sistema es algo más laborioso que los demás, pero es el que proporciona un mayor índice de seguridad.

Para la preparación de estos terminales debe procederse como sigue:

- i. Practicar una ligadura en el extremo del cable y otras dos a una distancia ligeramente mayor que la profundidad del casquillo.
- ii. Eliminar la ligadura del extremo y retirar los alambres, procediendo a quitar el alma.

- iii. Limpiar cuidadosamente tanto el casquillo como los alambres, sumergiéndolos en ácido clorhídrico y finalmente lavarlos con agua.
- iv. Atar los alambres por el extremo para pasarlos al interior del casquillo y quitar la ligadura.
- v. Verter la colada de metal fundido al interior del casquillo, procurando que no se produzcan fugas de metal. La temperatura de la colada debe ser adecuada para no "recocer" los alambres del cable.

d) Con abrazaderas.- Este sistema es la forma más sencilla para realizar tanto las uniones entre cables, como para la formación de los anillos terminales u ojales.

El número de abrazaderas o sujeta-cabos a emplear en cada caso, variará según se trate de formar anillos terminales o de uniones entre cables; y según el diámetro del cable. A título orientativo se presenta la tabla siguiente:



**TABLA 5**  
**CANTIDADES DE ABRAZADERAS**

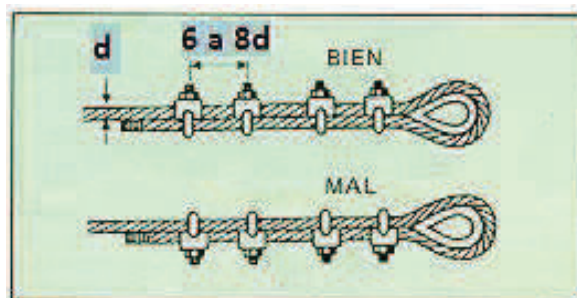
Diámetro del Cable [mm]	Abrazaderas precisas	
	para formar anillo	para unir cables
5-12	4	4
12-20	5	6
20-25	6	6
25-35	7	8
35-50	8	8

Las abrazaderas deben ser adecuadas al diámetro del cable al que se deben aplicar (la designación comercial de las abrazaderas se realiza por el diámetro del cable). Esta circunstancia debe observarse escrupulosamente puesto que si se emplea una abrazadera pequeña el cable no calzará y podrá fallar por aplastamiento de la mordaza.

Por el contrario si se utiliza una abrazadera o grapa excesivamente grande no se logrará una presión suficiente sobre los ramales de los cables y por tanto se pueden producir deslizamientos inesperados.

A continuación se exponen las siguientes recomendaciones para alcanzar una eficaz y adecuada disposición de las abrazaderas:

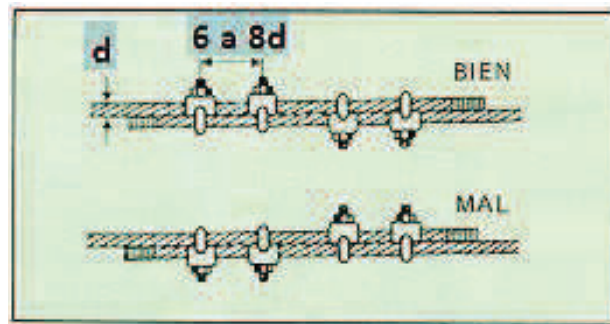
- i. Para la realización de anillos u ojales terminales debe emplearse guardacabos metálicos.
- ii. En los anillos u ojales la primera abrazadera debe situarse lo más próxima posible al pico del guardacabos.
- iii. La separación entre abrazaderas debe oscilar entre 6 y 8 veces el diámetro del cable.
- iv.



**FIGURA 2.18 FORMACIÓN DE UN ANILLO**

- v. El ramal de cable que trabaja a tracción debe quedar en la garganta del cuerpo de la abrazadera, en tanto que el ramal inerte debe quedar en la garganta del estribo.

- vi. Las tuercas para el apriete de la abrazadera deben quedar situadas sobre el ramal largo del cable, que es el que trabaja a tracción.



**FIGURA 2.19 UNIÓN DE CABLES**

- vii. El apriete de las tuercas debe hacerse de forma gradual y alternativa, sin aprietes excesivos. Después de someter el cable a una primera carga debe verificarse el grado de apriete de las tuercas, corrigiéndolo si fuera preciso.

### **2.3.2 Tambor de Enrollamiento y Poleas.**

#### **Tambores**

Los tambores de cables han de calcularse de modo que en la posición más alta del medio de transporte no pueda arrollar más capas de cable que las previstas

Se puede dividir los tambores de elevación en dos grandes grupos:

- de una capa: el cable, normalmente ranurado, se enrolla sólo en una capa. Son los tambores que generalmente se montan en los aparatos de elevación.
- de varias capas de cable: el cable se arrolla en capas sucesivas, normalmente son lisos. Utilizados solo en tambores de obras públicas, en las cucharas mecánicas y en los tambores de almacenamiento que se encuentran detrás de la poleas de fricción.

Casi todos los países tienen sus propias normas para los diámetros (D) en relación al diámetro del cable (d). Algunas normas indican que el diámetro de la polea debe incrementarse cuando la velocidad del cable recorriendo por la polea sea mayor que  $V=4\text{m/s}$ .

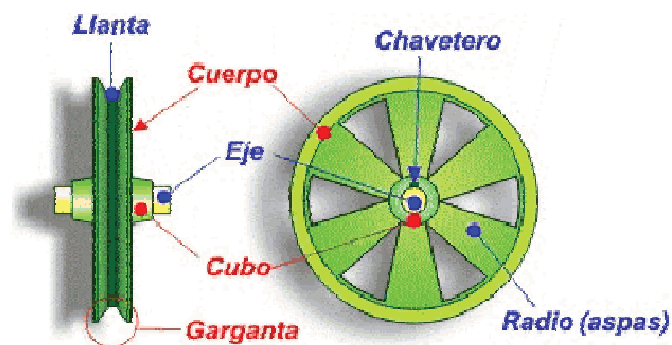
Por ello se manejará:  $18 < \frac{D}{d} < 36$ .

## Poleas

La polea es un elemento de un aparato de elevación cuyo objeto es cambiar la dirección del cable o servir de elemento de acoplamiento entre aparato y carga como componente de un aparejo. En la actualidad se realizan poleas en acero y en plástico, siendo estas últimas más utilizadas en aquellos aparatos en los que la carga en punta de flecha es importante, debido a la reducción de peso que llevan consigo.

### Poleas de acero

Existen dos tipos de poleas, las de radios o las de alma central; las poleas en la actualidad pueden realizarse partiendo de los siguientes materiales: fundición nodular, acero moldeado, acero soldado, acero laminado.



**FIGURA 2.20 PARTES DE UNA POLEA DE RADIOS**

Las poleas de fundición de dimensiones pequeñas son de alma llena. Las de mayor diámetro tienen entre cuatro y seis radios. Las poleas de fundición no resisten bien el desgaste, por lo que en casos de servicio duro, se deben utilizar poleas de acero moldeado, cuyo precio es bastante mayor.

Las poleas soldadas, son ligeras, son más utilizadas que las poleas fundidas en función de la maquinaria disponible y de la magnitud de la serie a fabricar. En este proceso, los radios son platinas o varillas. En el caso de existir alma, ésta se compone de una o dos placas, que pueden estar aligeradas en función de los esfuerzos existentes. La llanta es un angular o platina perfilado y plegado en forma semicircular. El cubo es generalmente realizado mediante una operación de torneado.

Las poleas laminadas requieren para su fabricación, maquinaria específica. Una placa de forma circular es trabajada en frío o en caliente en su línea exterior hasta conformar el perfil de garganta de la polea. Posteriormente, se ejecuta el cubo y su inclusión por soldadura en el conjunto del elemento.

### Selección de Poleas de Acero Normativa.

Las Poleas de acero laminado diseñadas y construidas están provistas de rodamientos, perfectamente obturados con retenes especiales. El engrase de estos rodamientos se hace mediante engrasadores a presión, uno por rodamiento, colocados en el extremo del eje y debidamente protegidos contra golpes.

En la ejecución de la polea se presta especial atención a la forma de la garganta. El radio de fondo  $r$  condiciona en gran medida la vida del cable, que será máximo si hay un buen asentamiento del cable sobre la garganta de la polea. Bajo pedido se pueden montar poleas con la garganta templada para aumentar la vida de las mismas.

### **Diámetros Primitivos**

El diámetro de las poleas y del tambor de enrollamiento resulta:

$$D \approx n\sqrt{T};$$

$$D \approx 8\sqrt{7500} \approx 692.82 \text{ mm}$$

Por lo que se selecciona un diámetro,  $D= 700 \text{ mm}$

### Ranuras en el Tambor y en las Poleas.

Las ranuras deben ser lo suficientemente profundas para guiar los cables correctamente.

En las siguientes figuras se ilustra la forma de las ranuras del tambor y de las poleas:

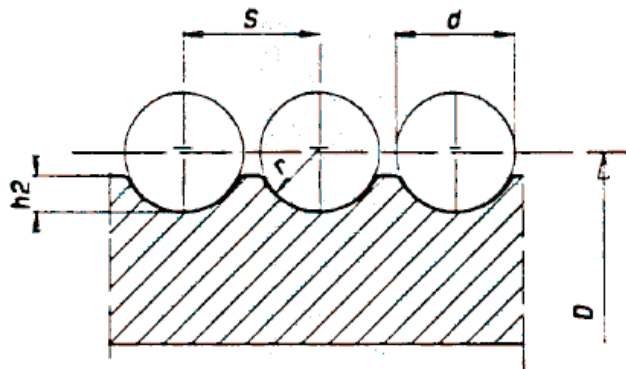


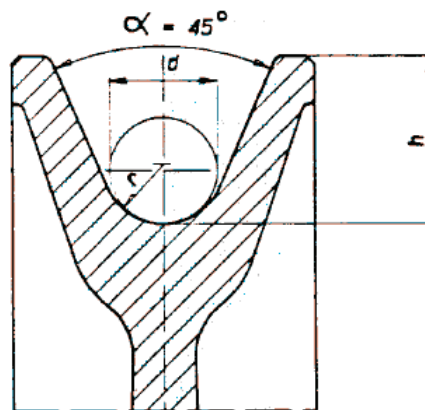
FIGURA 2.21 RANURAS EN EL TAMBOR

$$h_2 \approx 0.3d$$

$$r \cong 1.05 \left( \frac{d}{2} \right)$$

$$S_{min} = 1.1d$$





**FIGURA 2.22 SECCIÓN DE POLEA**

$$h = 1.5d \text{ hasta } 2d$$

$$r = 1.05 \left( \frac{d}{2} \right)$$

Aplicando las ecuaciones expuestas para ambos casos se obtiene lo siguiente:

**TABLA 6**

**DIMENSIONES DE TAMBOR Y POLEA**

Tambor	Polea
$h_2 = 9.9 \text{ mm}$	$h = 66 \text{ mm}$
$r = 17.33 \text{ mm}$	$r = 17.33 \text{ mm}$
$S_{min} = 36.3 \text{ mm}$	

### 2.3.3 Selección de Equipo Motriz.

Los motores eléctricos empleados en máquinas de elevación son, en su mayoría, trifásicos asíncronos de anillos rozantes. En algunos casos se emplean motores en corto y de corriente continua. Los motores sincrónicos están limitados a usos muy especiales, con grandes potencias y regulación electrónica compleja.

En cualquier caso son motores de construcción especial, con zunchos y refuerzos en las bobinas para soportar los altos esfuerzos mecánicos.

#### Tensiones de Trabajo

Para motores trifásicos son 220, 380 y 500V, aunque 220V no se suele emplear en la alimentación de motores, reservándola para mando y alumbrado. Para corriente continua están normalizadas las siguientes tensiones:

**TABLA 7**  
**TENSIONES DE TRABAJO**

Generadores (V)			115	230	460	630	
Motores (V)	24	40	110	220	440	600	750

Estas tensiones tienen una tolerancia de  $\pm 5\%$ . Si se escoge una tensión de trabajo que esté dentro de este margen, se construye el motor o generador para la tensión normalizada correspondiente.

Como fuente de energía se usa la red trifásica normal. La frecuencia de esta red es 60 Hz en el país. La tensión continua se obtiene por rectificadores estáticos. En algunos puertos existen redes autónomas de corriente continua; por estas razones los motores trifásicos son siempre de tensiones normalizadas, no así los de corriente continúa, en los que hay gran variedad. La tensión que se usará es 440V.

### **Cálculo de la Potencia Necesaria.**

El cálculo es independiente del tipo de motor y regulación empleados.

La fórmula para el movimiento de elevación es la siguiente:

$$P = \frac{G_2 \cdot v_{elev}}{4500 \cdot \eta} (CV) [7]$$

siendo

$G_2$  = carga de elevación (carga útil + elementos) (daN)

$v_{elev}$  = velocidad de elevación (m/min)

$\eta$  = rendimiento mecánico

En  $G_2$  se incluye el peso del gancho, cuchara, etc.

Datos:

$$G_2 = \frac{16000Kg \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot 1daN}{10N} = 15680 daN = 157kN$$

$$v_{elev} = 10 \frac{m}{min} [8]$$

$$\eta = 80\%$$

$$P = \frac{15680daN \cdot 10 \frac{m}{min}}{4500 (0.80)} = 43 CV \approx 31.98KW \approx 43hp$$

Por lo tanto se selecciona un motor de 50 hp.

El motor seleccionado será un motor trifásico de uso severo;

La Tabla 8 indica sus principales características, mayor información se encontrará en el Apéndice B.

**TABLA 8**  
**CUADRO MOTOR DE ELEVACIÓN**

<b>Modelo</b>	Motor Heavy Duty
<b>Potencia [hp]</b>	50
<b>RPM sincrónica</b>	3600
<b>Eficiencia</b>	87.8
<b>F. Servicio</b>	1.15

## **2.4 Sistema de Giro.**

El sistema de giro está conformado por los siguientes componentes: corona y piñón de giro, rodamiento de giro, un motor, un reductor, acoplamiento y los tornillos de fijación del rodamiento de giro.

### **2.4.1 Corona y Piñón de Giro.**

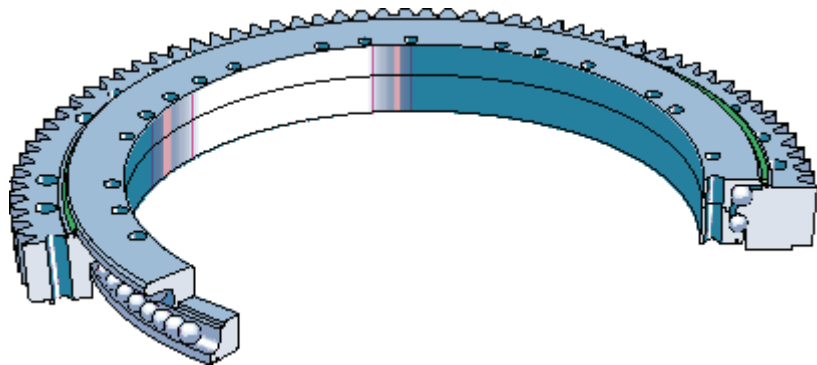
#### **Corona de Giro**

- Transmite el movimiento, obtenido por un motor, a la plataforma de giro, que a su vez moverá solidariamente la Pluma y la Contra-Pluma, y dejará estática la Torre.
- Soporta el peso de la Plataforma de Giro y los elementos que van sujetos a ella, que son: la Pluma, Contra-Pluma,

Contrapesos, Carro y Gancho y la carga que en ese momento esté suspendida en el gancho.

- Es uno de los elementos mecánicos más importantes de la grúa, debido a su capacidad de absorber el momento máximo flector y el peso de la pluma más la cabeza de la torre y por su puesto más la carga, a la vez hace posible el giro de 360° de la pluma entorno a la torre.

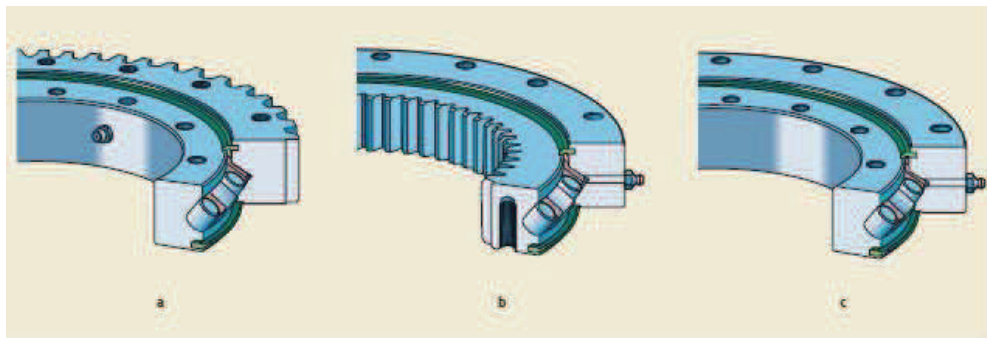
La fijación de esta Corona a la estructura de la torre se realizará mediante tornillos a la plataforma de giro. La Figura 2.23 muestra un esquema del rodamiento de giro.



**FIGURA 2.23 RODAMIENTO DE GIRO [9]**

Existen tres tipos de Corona de Giro o Rodamiento de Giro y la Figura 2.24 indica la forma de cada uno:

- Con engranaje exterior (a).
- Con engranaje interior (b).
- Sin engranajes (c).

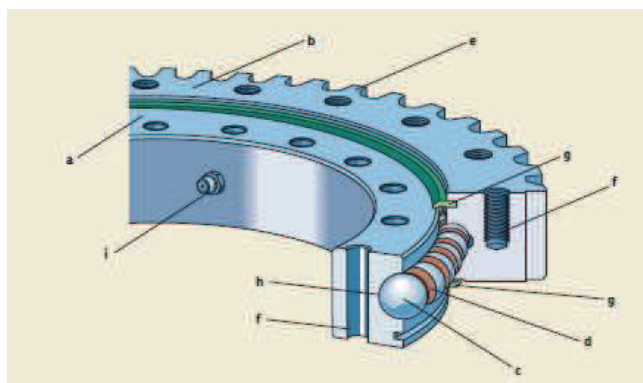


**FIGURA 2.24 TIPOS DE RODAMIENTO DE GIRO [9]**

La Figura 2.25 muestra en lo que básicamente un rodamiento de giro consiste: un anillo interior (a), un anillo exterior (b) y elementos rodantes -bolas (c) o piezas cilíndricas rodillos que están separados por espaciadores de poliamida (d). Los anillos que usualmente incorporan un engranaje (e) están provistos de agujeros (f) para dar cabida a los tornillos de sujeción.

Los agujeros pueden ser roscados. Por lo general, sólo las pistas en los anillos son endurecidas. Los sellos integrales (g)

hechos de acrilonitrilo-butadieno (un plástico muy resistente al impacto) mantiene el lubricante en el interior y a los contaminantes fuera del rodamiento. Los rodamientos de giro son re-lubricados a través de los puntos de engrase (i) a fin de reducir los costos de mantenimiento y de operación.



**FIGURA 2.25 ELEMENTOS DEL RODAMIENTO DE GIRO [9]**

### **Selección de Rodamiento de Giro:**

Cada tipo de rodamiento de giro posee diferentes características basadas en su diseño, lo cual lo hace más o menos apropiada para una aplicación dada. Por ejemplo el rodamiento de una hilera de cuatro puntos de contacto tiene un sencillo y robusto diseño que hace que su costo sea rentable; mientras que el rodamiento de rodillo cilíndrico cruzado es utilizado cuando la precisión y rigidez son la clave

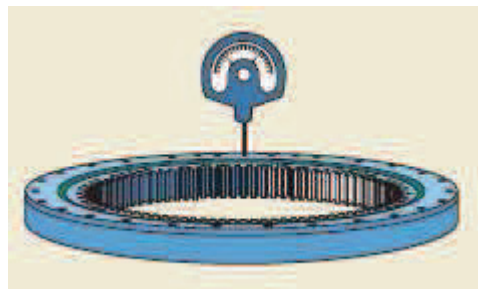


de la aplicación, o cuando se requiere cero tolerancia y precarga.

Para la selección del rodamiento de giro, ®SKF recomienda tener en cuenta los siguientes factores:

- Precisión.

Se utiliza rodamientos de precisión cuando un posicionamiento preciso es un parámetro operacional clave.

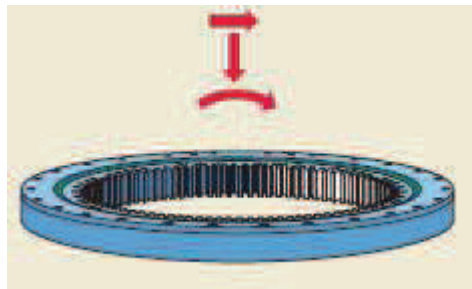


**FIGURA 2.26 RODAMIENTO DE PRECISIÓN [9]**

- Magnitud y dirección de la carga.

La magnitud de la carga es uno de los factores que normalmente determina el tamaño del rodamiento a utilizar. En general los rodamientos de giro de bolas de cuatro puntos de contacto son capaces de resistir cargas

pesadas y cargas de choque y pueden ser adaptadas para aplicaciones de giro cuando la carga pesada varía en magnitud y dirección.



**FIGURA 2.27 ESQUEMA DE CARGAS Y DIRECCIÓN DE CARGAS RODAMIENTO DE GIRO [9]**

- Temperatura de operación permisible.

La temperatura de operación admisible típicamente está dentro del rango de -25 a 70 °C.

- Vibración.

Para aplicaciones sometidas a vibraciones, los rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto son frecuentemente utilizados, sin embargo los rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados también son idóneos.

- Velocidad de operación.

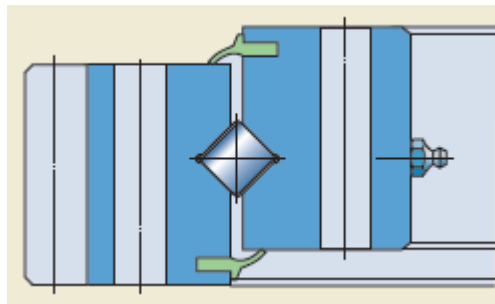
Los rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto generan menos fricción que los rodamientos de rodillos cilíndricos cruzados. Consecuentemente los rodamientos de giro de bolas de cuatro puntos de contacto tienen mayor capacidad de velocidad. Estos rodamientos pueden adaptarse a las velocidades tangenciales de funcionamiento de hasta 4m/s. Los rodamientos de rodillos cilíndricos están limitados a aproximadamente 1,5 m/s para movimiento de giro continuo y hasta 2m/s para breves períodos.

- o Sellado.

La selección de un sello es vital para el rendimiento del rodamiento de giro. Los sellos utilizados por ®SKF proveen de buena protección contra la humedad y contaminantes y también proporcionan una retención fiable del lubricante.

Estos sellos no están destinados a proteger los rodamientos que operan en condiciones extremas condiciones en las que por ejemplo son expuestas al agua, vacío, altos niveles de contaminantes abrasivos o radiación. Para estos tipos de aplicaciones deben ser

utilizados sellos externos adicionales para impedir la entrada de estos medios a la cavidad del rodamiento.



**FIGURA 2.28 VISUALIZACIÓN DE SELLADO  
RODAMIENTO DE GIRO [9]**

Una breve descripción de los tipos de rodamientos de giro o corona de giro estándar y su idoneidad para una aplicación en particular se puede encontrar en la Tabla 9 recomendada por ©SKF; en base a esta información y al catálogo de Rodamientos de Giro de ©SKF [9] se procederá con la selección del rodamiento.

Previo diseño de forma (ver Figura 2.4 Esquema de Plataforma de Giro) se requiere una corona de giro con dientes exteriores (ver Figura 2.24a), por lo que se parte de esa premisa y se seleccionará un rodamiento de giro de

dientes exteriores o engranaje exterior donde incidirá el piñón de ataque del motor anclado en la pluma.

**TABLA 9**  
**GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE RODAMIENTO DE GIRO,**  
**SEGÚN ®SKF [9]**

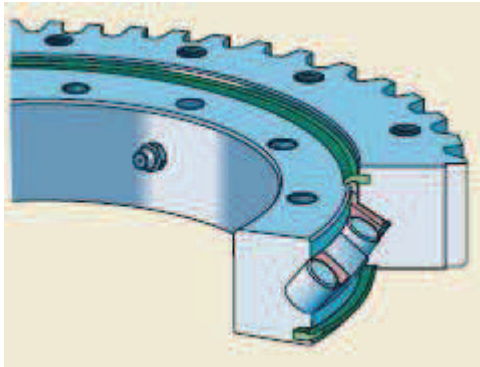
**Guía para la selección de Rodamiento de Giro**

**Tipos de Rodamiento de Giro**

**Idoneidad del Rodamiento para:**

	alta precisión	alta velocidad	cargas estáticas pesadas	vibración	larga vida de servicio
<b>Rodamiento de Giro de bolas de una hilera de cuatro puntos de contacto</b>					
Rodamientos de la serie pequeños	-	0	0	-	0
Rodamientos de tamaño mediano	-	+	+	0	0
Rodamientos personalizados	-	+	+	0	0
<b>Rodamiento de Giro de rodillos cilíndricos de hilera cruzados</b>					
Rodamientos de tamaño mediano	+	-	0	+	+
Rodamientos personalizados	+	-	0	+	+
+ Recomendado                      0 Adecuado                      - No recomendado					

Tomando en consideración la Tabla 9 se selecciona un Rodamiento de Giro de Rodillos Cilíndricos de hilera cruzada.



**FIGURA 2.29 VISUALIZACIÓN DE RODAMIENTO DE GIRO DE RODILLOS CILÍNDRICOS DE HILERA CRUZADA [9]**

Para la selección del tamaño del rodamiento o corona de giro se basará inicialmente en las capacidades de carga dinámica y estática del rodamiento en relación con las cargas aplicadas y los requisitos en relación con la fiabilidad y vida de servicio.

Determinación de las Cargas del Rodamiento.

Las cargas y momentos que actúan sobre un rodamiento de giro a partir del peso inherente de los componentes que lleva, y las otras fuerzas inerciales son dadas o pueden ser calculadas.

Considerando las condiciones expuestas en la Figura 2.30 Esquema de Distribución de Carga, las cargas resultantes y los momentos aplicados al rodamiento pueden ser estimados, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$F_a = Q_a + G_1 + G_2 \text{ [9]}$$

$$M_t = Q_a \times L_3 + G_2 \times L_2 + F_v \times H_v - G_1 \times L_1 \text{ [9]}$$

donde:

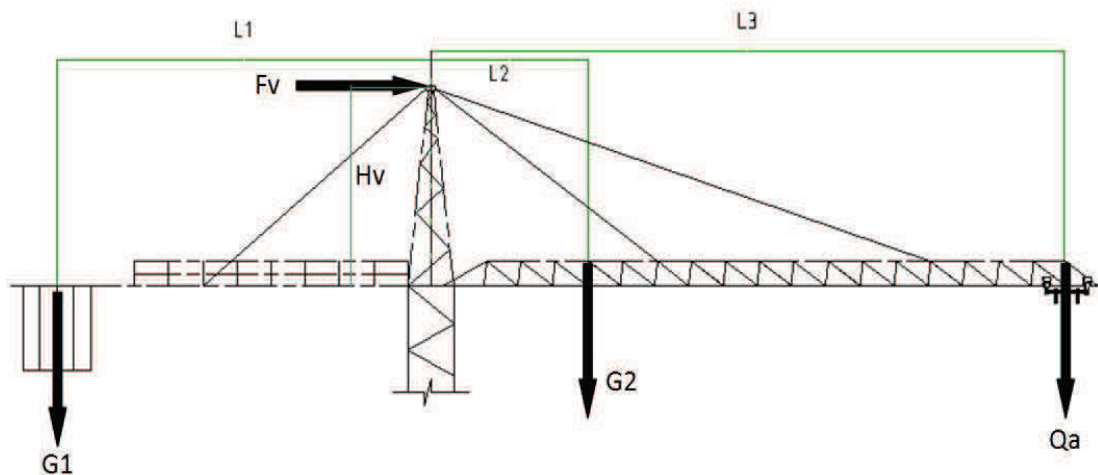
$Q_a$  = carga a elevar en el extremo de la pluma, kN

$F_a$  = carga axial resultante aplicada al rodamiento, kN

$F_v$  = fuerza del viento, kN

$G_1$  = contrapeso, kN

$G_2$  = peso de la estructura superior, kN



**FIGURA 2.30 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

$Hv$  = distancia desde el centro del rodamiento al punto de acción de la fuerza radial,  $Fv$ , m

$L3$  = distancia del centro de rotación al centro de la carga de elevación, m

$L2$  = distancia del centro de rotación al centro de gravedad de la estructura superior, m

$L1$  = distancia del centro de rotación al centro de gravedad del contrapeso, m

$Qa$  = carga de elevación, kN

$Mt$  = momento resultante actuando sobre el rodamiento, kNm

Las cargas externas como  $Fv$  podrían dejarse a un lado siempre y cuando sean menores o iguales al 5% de la carga axial. Además, si la relación  $Fr/Fa = 0.6$  es aconsejable contactar a un representante de SKF.

Al determinar el tamaño del rodamiento se debe tener en cuenta fuerzas adicionales. Estas fuerzas dependen del tipo y modo de operación de la máquina o equipo y los requerimientos de operación en vida de servicio y fiabilidad.



Esto estaría hecho multiplicando la carga axial y momento resultante por un factor  $f_L$ .

$$Far = f_L \times Fa \text{ [9]}$$

$$Mtr = f_L \times Mt \text{ [9]}$$

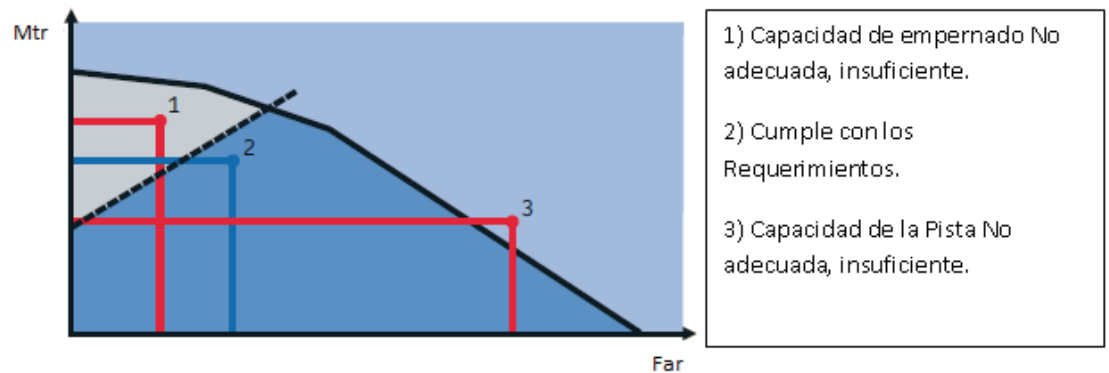
Donde

$Far$  = máxima carga nominal axial, kN

$Mtr$  = máximo momento nominal, kNm

$f_L$  = factor de carga

Utilizando los valores calculados para la máxima carga axial nominal y máximo momento nominal, el rodamiento de giro requerido puede obtenerse a partir de un apropiado diagrama de carga estática limitante. Cada diagrama contiene dos curvas por rodamiento (Figura 2.31); la línea continua muestra la capacidad de la pista del rodamiento y la línea punteada la capacidad del empernado.



**FIGURA 2.31 DIAGRAMA DE CARGA ESTÁTICA LIMITANTE**  
[9]

La capacidad de la pista del rodamiento está definida como la máxima carga estática que puede ser acomodada por el rodamiento de giro sin perjudicar su comportamiento durante su operación.

Para que la capacidad del empernado sea válida, los pernos y tuercas deben estar cubiertas de una capa fina de aceite ligero y el apriete debe ser el recomendado por SKF. Ver Apéndice B "Par de apriete y precarga de los pernos de sujeción"

El rodamiento o corona de giro de la Grúa-Torre estará expuesto a las siguientes condiciones (ver Figura 2.30 Esquema de distribución de Carga).

$$Fa = Qa + G2 + G1 = 3\text{ton} + 10.88\text{ton} + 13\text{ton} = 26.883\text{ton}$$

$$= \mathbf{263.45kN}$$

$$Mt = Qa \times L3 + G2 \times L2 + Fv \times Hv - G1 \times L1 = 3\text{ton} \times 40\text{m} +$$

$$10.883\text{ton} \times 8.8\text{m} + 0.96\text{ton} \times 7\text{m} - 13\text{ton} \times 13\text{m} = 53.49\text{ton.m} =$$

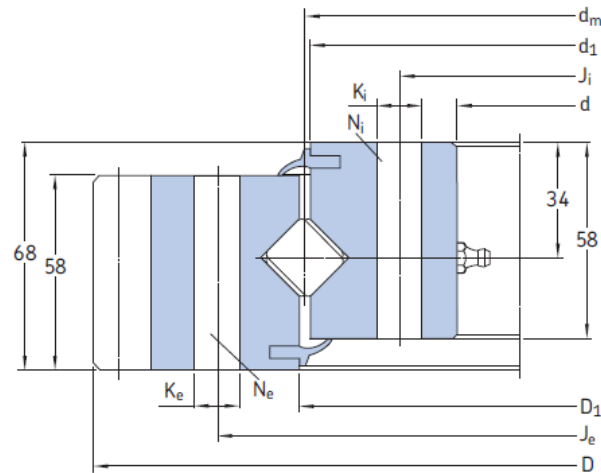
$$\mathbf{524.20kN.m}$$

Se utiliza el valor de  $f_L = 1.33$  [9]. Ver Apéndice B y tomar como referencia la aplicación Grúas de Servicio y se obtiene:

$$Far = f_L \times Fa = 1.33 \times 263.45 = \mathbf{350.39kN}$$

$$Mtr = f_L \times Mt = 1.33 \times 524.20 = \mathbf{697.19kN.m}$$

Utilizando  $Far = \mathbf{350.51kN}$  y  $Mtr = \mathbf{697.19kN.m}$ , un rodamiento de giro que satisfaga adecuadamente las necesidades de la aplicación puede ser obtenido del catálogo de ®SKF [9], según tabla contenida en el Apéndice B, se obtiene el rodamiento con la designación RKS.161.16.1644 con las siguientes características.



**FIGURA 2.32 CARACTERÍSTICAS DE RODAMIENTO DE GIRO**  
[9]

**TABLA 10**  
**CARACTERÍSTICAS DEL RODAMIENTO**

Dimensiones	[mm]
$d_m$	1644
$D$	1791
$D_1$	1647
$d$	1536
$d_1$	1642
Agujeros de los pernos de sujeción Anillo Exterior	
$J_e$	1708
$K_e$	22
$N_e$	54
Agujeros de los pernos de sujeción Anillo Interior	
$J_i$	1580
$K_i$	22
$N_i$	54

**TABLA 11**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA CORONA DE GIRO.**

Dimensiones del Engranaje	Valor	Unidad
$d_0$	1760	mm
M	10	-
Z	176	-
x.m	0.65	mm
k.m	-1	-
Fuerza Permisible de los Dientes		
$T_{fnormal}$	45	kN
$T_{fmax}$	130	kN
Capacidades de Carga		
Dinámica Axial, C	475	kN
Estática, $C_0$	2990	kN

### Potencia de Giro.

La potencia de giro correspondiente a una velocidad de régimen es la siguiente:

$$P_W = \frac{M.n}{716,2.\eta} [7]$$

Donde,

$P_w$  = Potencia de giro a régimen permanente (CV)

y

$$M = Q\mu \frac{D}{2} [7]$$

Con:

Q = carga de la estructura giratoria (daN)

$\mu$  = coeficiente de rozamiento [7]

D = diámetro del rodamiento (m)

Datos:

**TABLA 12**  
**DATOS PARA LA POTENCIA DE GIRO**

Q	38102,4 daN	381kN
$\mu$	0,0075[7]	
n	2	RPM
D	1,647	m

Reemplazando los datos presentados en la Tabla 12 se obtiene:

$$P_w = 0,77 CV = 0,76 HP$$

Por lo tanto se podría seleccionar un motor cuya potencia de giro sea de 1 Hp o mayor.

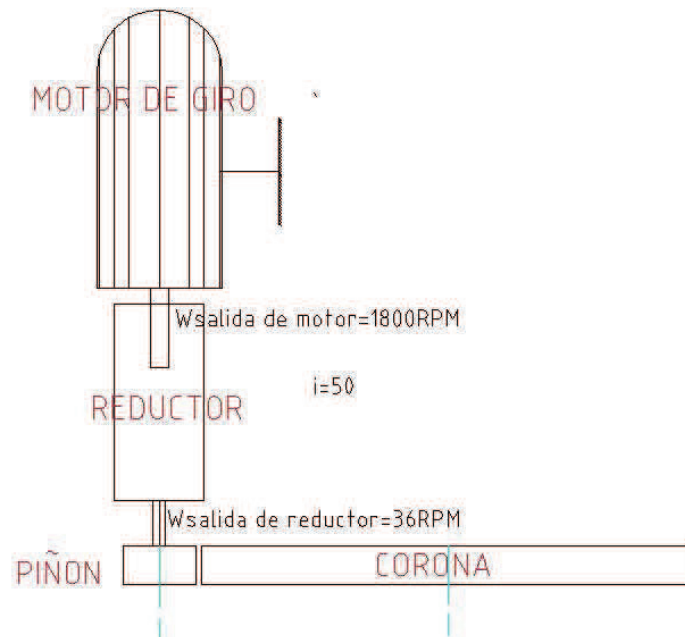
La Tabla 13 muestra las principales características del motor seleccionado, mayor información se podrá encontrar en el Apéndice B.

**TABLA 13**  
**DATOS DE MOTOR DE GIRO**

<b>Modelo</b>	Motor Trifásico de Alta Eficiencia
<b>Potencia [hp]</b>	5
<b>RPM</b>	1800
<b>Eficiencia</b>	87.5%
<b>Factor de Servicio</b>	1.15

### **Reductor de Velocidad.**

Los reductores son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades, según el diseño.



**FIGURA 2.33 ESQUEMA MECÁNICO DE SISTEMA DE GIRO**

Como se mencionó en la descripción del sistema de giro, se requiere de un reductor de velocidad para de esta manera obtener la velocidad adecuada en RPM de la estructura superior.

Se seleccionará un reductor del tipo de sinfín y corona cuya relación de transmisión,  $i = 50$  y cuya velocidad de entrada sea igual a la velocidad de salida del motor previamente seleccionado, a esta velocidad se la llamará  $N_1=1800$  RPM, sabiendo que  $i=N_1/N_2$  se obtiene  $N_2=36$  RPM, siendo esta la velocidad de salida del reductor.



El par requerido a la salida del reductor es obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$M = 9550 \cdot \frac{Pot}{N2} \cdot Rd ,$$

Donde:

9550 es un factor constante

M = Par requerido a la salida del reductor (N.m)

Pot = Es la potencia que aporta el motor y se expresa en Kilovatios.

N2 = Revoluciones de salida del reductor (RPM)

Rd = Rendimiento, es la eficiencia del reductor.

Reemplazando se obtiene:

$$M = 841 N.m$$

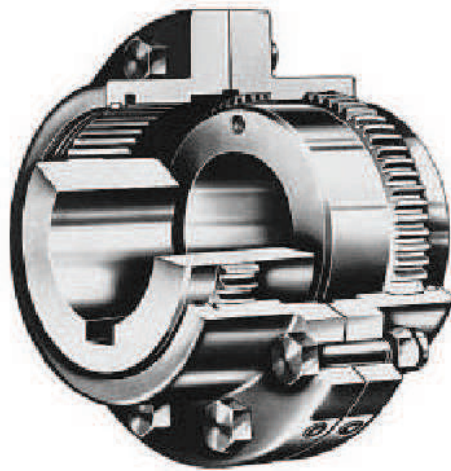
Se selecciona un reductor de velocidad con las siguientes características, ver Apéndice B.

**TABLA 14**  
**CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD**

<b>Tipo</b>	Sinfín-Corona
<b>Velocidad de Salida (RPM)</b>	36
<b>Velocidad de Entrada (RPM)</b>	1800
<b>Relación Nominal</b>	50
<b>Eficiencia</b>	0.60
<b>Potencia de Entrada (CV)</b>	2.20

Acoplamiento Flexible.

Se ha previsto un acoplamiento flexible de dientes, entre el conjunto Motor-Reductor y el Piñón de Giro, que amortigüe de pequeños choques o vibraciones hacia el conjunto Motor-Reductor.



**FIGURA 2.34 ACOPLAMIENTO FLEXIBLE [10]**

Con este acoplamiento también se asegura la correcta alineación del piñón de ataque y el conjunto Motor-Reductor que siempre se produce por imperfecciones y/o deformaciones de la superficie de apoyo.

### **Piñón de Giro**

Es el elemento que impulsa la corona o rodamiento de giro; el piñón ataca el gran rodamiento y de esa manera se convierte en la primera etapa de reducción; debe estar pensado para que trabaje sin interferencias y controlando el juego entre los dientes.

Los piñones comúnmente utilizados son templados superficialmente y rectificadas.

Para la selección del piñón se requiere las velocidades angulares,  $\omega$  o RPM's de entrada y salida del moto reductor y la velocidad de giro de la estructura superior.

Se requiere que la velocidad de giro de la Torre-Grúa sea máximo de 2RPM, por lo tanto el sistema Corona-Piñón se podrá expresar bajo la siguiente relación:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

La Figura 2.35 muestra un esquema del mecanismo corona-piñón donde  $r_1$  y  $r_2$  son los radios del piñón y la corona respectivamente y  $\omega_1$  representa la velocidad de ataque del piñón de giro y  $\omega_2$  representa la velocidad de la estructura superior de la grúa-torre, que en este caso particular es de 2RPM.

Para seleccionar el piñón de giro se puede basar de la relación

$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$  y obtener de ahí  $r_1$ . Por lo que se reemplaza los

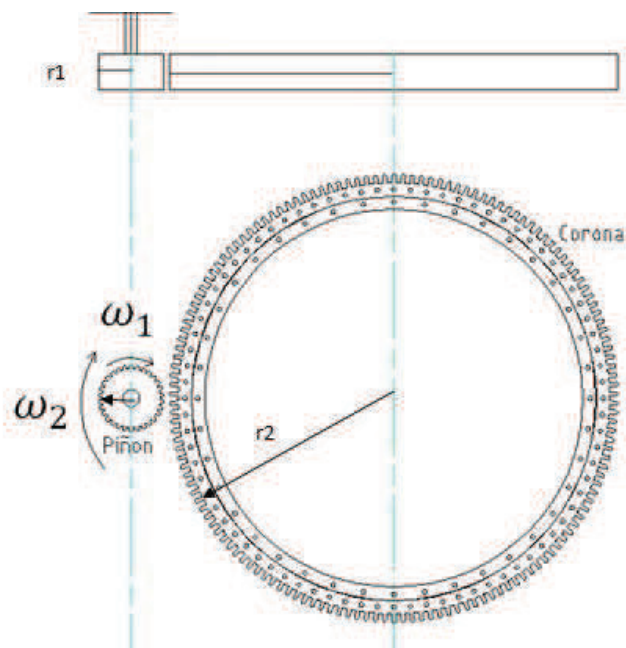
datos conocidos:

$$\omega_1 = 36 \text{ RPM}$$

$$\omega_2 = 2 \text{ RPM}$$

$$r_2 = 895,5 \text{ mm}$$

y se obtiene:  $r_1 = 50 \text{ mm}$



**FIGURA 2.35 ESQUEMA MECANISMO CORONA-PIÑÓN**

Las características del piñón de giro se describen en la Tabla 15:

**TABLA 15**  
**CARACTERÍSTICAS DEL PIÑÓN DE GIRO**

Dimensiones del Engranaje	Valor	Unidad
$d_0$	100	mm
M	10	-
Z	10	-

#### **2.4.2 Mecanismo de Freno.**

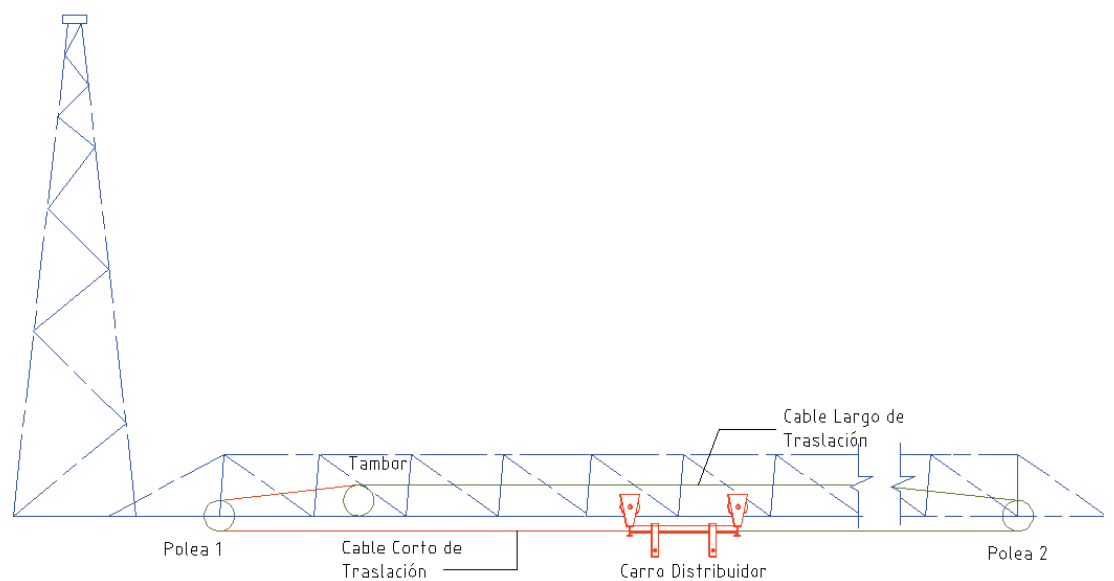
El motor de giro lleva acoplado a su estator un freno electromagnético que actúa cuando falla la alimentación eléctrica. Su funcionamiento es atraer el disco de frenado, cuando el electroimán funciona, lo que permite al motor girar. Cuando no se alimenta el electroimán, ya sea porque se deja pulsar el accionamiento o por un fallo en el suministro eléctrico, el disco actúa como freno.

Es importante regular correctamente el freno para que el par de frenado permita que el movimiento finalice sin brusquedad. Esto se realiza con la tuerca de regulación del freno, que actúa directamente sobre los muelles de compresión del disco de frenado.

## 2.5 Sistema de Traslación

Se lo conoce también como sistema de distribución de carga. Y consiste en un sistema de cables y poleas, carro distribuidor, motor de traslación y tambor de enrollamiento.

El sistema de traslación consiste en dos cables (*ver Figura 2.36*); uno va desde un extremo del Carro, pasando por la Polea 1 y enrollando en un extremo del Tambor de traslación, el otro va enrollando al Tambor por el otro extremo, pasando por la Polea 2 y se engancha en el otro extremo del Carro.

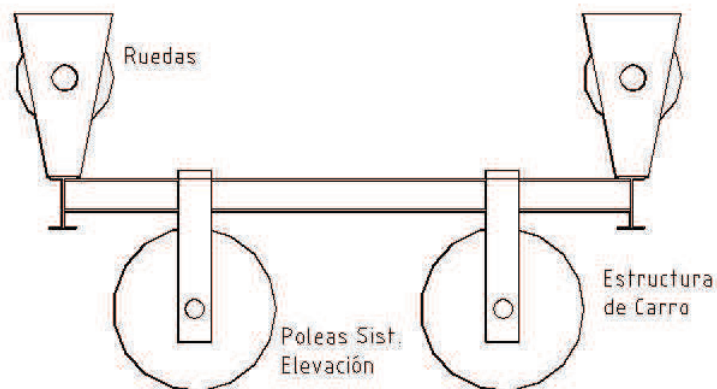


**FIGURA 2.36 SISTEMA DE TRASLACIÓN O DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

La longitud del cable largo de traslación será de 50 metros más un 12% que irá enrollado en el tambor, será una longitud total de 56 metros. Por otro lado, el cable corto de traslación tiene una longitud de 30 metros, más el 12% que irá enrollado, se requerirá de 34 metros; es decir aproximadamente 90 metros de cable para el sistema de traslación.

### 2.5.1 Carro.

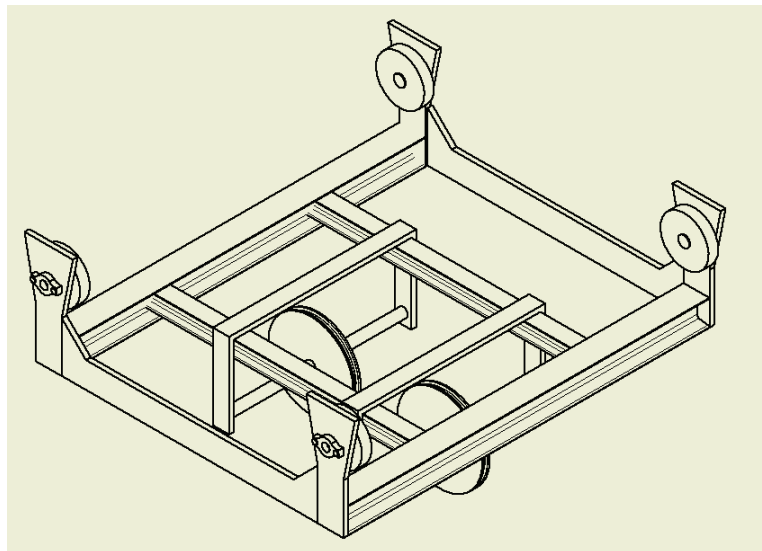
Es la pequeña estructura, que se mueve a lo largo de la Pluma a través de unos carriles. El carro o *trolley* permitirá trasladar la carga a lo largo de la Pluma, en él se alojará un sistema de poleas que permitirá cambiar la altura de la carga para su desplazamiento.



**FIGURA 2.37 ESQUEMA DE ESTRUCTURA DEL CARRO**



El carro se desplaza con movimiento rectilíneo por la longitud de la Pluma utilizando el carril conformado por UPN 120, para realizar su movimiento va dotado de 4 ruedas con sus respectivos rodamientos, y el movimiento viene dado por el motor que estará instalado en la Pluma y mediante el tambor, poleas y el sistema de cables de acero transmite el movimiento al carro.



**FIGURA 2.38 BOSQUEJO ISOMÉTRICO DEL CARRO DISTRIBUIDOR**

### **2.5.2 Motor Eléctrico y Reductor**

#### **Calculo de la Potencia necesaria**

La fórmula para el movimiento de traslación es la siguiente:

$$P_w = \frac{(G_1 + G_2)W \cdot v_{tras}}{4500000 \cdot \eta} (CV) [7]$$

Siendo

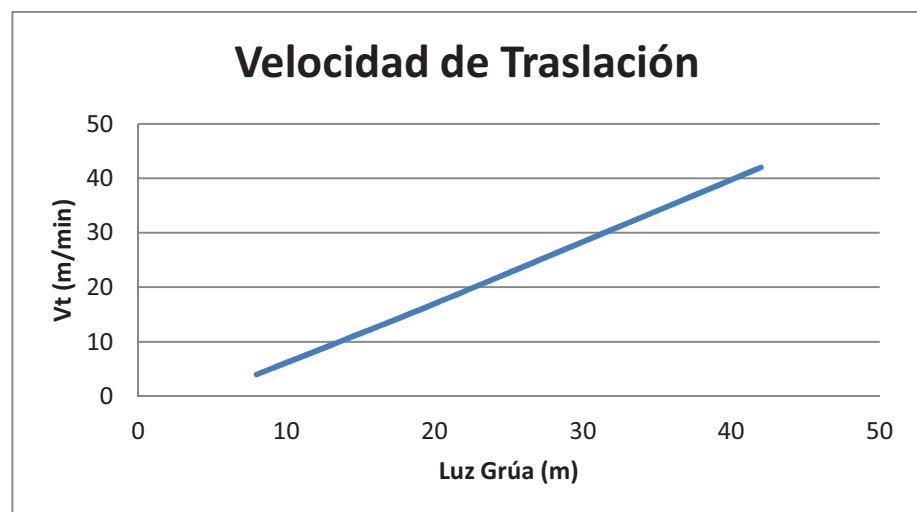
$$G_2 = 15680 \text{ daN}$$

$G_1$  = peso muerto (carro) (daN)

$v_{tras}$  = velocidad de traslación (m/min)

Existen ocasiones donde las velocidades de traslación constituyen un dato fijo en el cálculo de la instalación de la grúa. Ahora bien, existe un camino abierto a la optimización a fin de obtener el máximo rendimiento de manutención.

La velocidad de traslación del carro va a ser una función lineal de la luz de la grúa-torre, según la Gráfica 2.1



**GRÁFICA 2.1 VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DEL CARRO [7]**

$W$  = coeficiente de rozamiento;

7 para cojinete de rodamiento

20 para cojinete de deslizamiento

Datos:

$$G_1 = 208,74 \text{ daN}$$

$$G_2 = 15680 \text{ daN}$$

$$v_{tras} @ \text{Gráfico 2.1} = 40 \text{ m/min}$$

$$W = 7$$

$$\text{Obteniendo } P_w = 1,16 \text{ CV} \approx 0,85 \text{ KW} \approx 1,14 \text{ HP}$$

Esta es la potencia continua, sin embargo se debe tener en cuenta también el par necesario para la aceleración:

$$M_A = M_w + M_b (\text{daN.m}) [7]$$

Siendo

$$M_A = \text{par de arranque (daN.m)}$$

$$M_w = \text{par resistente (daN.m)}$$

$$M_b = \text{par de aceleración (daN.m)}$$

El par de arranque sólo se debe considerar en motores de traslación, como es el caso, y no debe superar el par máximo del motor.

$$M_W = \frac{PW \cdot 716}{n_1} \text{ (daNm) [7]}$$

Siendo  $n_1$  la velocidad del motor en r.p.m.

$$M_b = \frac{\Sigma GD_1^2 \cdot n_1}{375 \cdot t_a}, [7]$$

$t_a$  es el tiempo de aceleración, siendo  $\Sigma GD_1^2$  la suma de pares de inercia referidos al eje motor. Las fórmulas de cálculo de los pares de inercia son las siguientes:

Masas movidas linealmente:

$$GD_1^2 = \frac{(G_1 + G_2) \cdot d^2}{\eta} \text{ (daNm}^2\text{)[7]}$$

Siendo  $d = \frac{v_{tras}}{\pi n_1}$  (m)

$v_{tras}$  es la velocidad lineal de la masa

Masas rotativas:

$$GD_1^2 = GD_2^2 \frac{n_2^2}{n_1^2}$$

El  $GD_2^2$  del motor se obtiene directamente de la tabla de motores eléctricos ubicada en el Apéndice B.

Los valores de  $t_a$  más comunes son:

Elevación, cierre cuchara  $t_a = 2$  s.

Traslación carro o puente grúa, giro  $t_a = 4$  s.

Traslación pórtico  $t_a = 6$  s.

Reemplazando los datos conocidos se obtiene:

$$M_w = \frac{PW \cdot 716}{n_1} = \frac{1,14 \cdot (716)}{1800} = 0,4535 \text{ daN} \cdot \text{m} = 4,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$GD_1^2 = \frac{(G_1 + G_2) \cdot d^2}{\eta} = \frac{(G_1 + G_2) \cdot \left(\frac{v_{\text{tras}}}{\pi n_1}\right)^2}{\eta} = \frac{15888,74 \cdot \left(\frac{40}{\pi 1800 \pi}\right)^2}{0,85}$$

$$= 0,095 \text{ daN} \cdot \text{m}^2$$

$$M_b = \frac{\Sigma GD_1^2 \cdot n_1}{375 \cdot t_a} = \frac{0,034 \cdot 1800}{375 \cdot 4} = 0,041 \text{ daN} \cdot \text{m} = 0,41 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_A = M_w + M_b = 0,4535 + 0,041 = 0,4945 \text{ daN} \cdot \text{m} = 4,95 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A estas formulas se debe añadir la de la potencia necesaria para vencer la resistencia del viento.

$$P_V = \frac{S \cdot v_{tras}}{4500 \cdot \eta} F_V (CV) [7]$$

$F_V$  = presión del viento ( $\text{daN}/\text{m}^2$ ) [7]

$S$  = superficie expuesta al viento, se considera la sección del carrito expuesta al viento, la proyección será la de un rectángulo de 2,2 m x 0,16m

$v_{tras}$  = velocidad de traslación (m/min)

Datos conocidos:

$F_v = 110 \text{ daN}/\text{m}^2$  [7] (ver tabla de valores de velocidades y presiones de viento, Apéndice B.)

$$S = 2,2 * 0,160 = 0,352 \text{ m}^2$$

$$v_{tras} = 40 \text{ m}/\text{min}$$

Reemplazando los datos conocidos se obtiene lo siguiente:

$$P_V = \frac{S \cdot v_{tras}}{4500 \cdot \eta} F_V = \frac{0,352 * 40}{4500 * 0,85} * 110 = 0,4049 CV$$

Al seleccionar un motor de traslación por su potencia se debe comprobar también el par de aceleración:

$$P_{motor} \geq P_w + P_V$$

$$P_{motor} \geq 1,16 + 0,4049$$

$$P_{motor} \geq 1,5649 CV$$

$$P_{motor} \geq 1,54 HP$$

Por lo tanto se podría seleccionar un motor de 2 HP o mayor. La Tabla 16 indica las principales características del motor que finalmente se seleccionó, para mayor información se dirigirá al Apéndice B.

**TABLA 16**  
**CUADRO DE MOTOR DE TRASLACIÓN**

<b>Modelo</b>	Motor Trifásico de Alta Eficiencia
<b>Potencia [hp]</b>	3
<b>RPM sincrónica</b>	1800
<b>Eficiencia</b>	87.5%
<b>Factor de Servicio</b>	1.15
<b>Par Máximo (N.m)</b>	6

Comprobación de Par Máximo:

$$M_{m\acute{a}x\ motor} \geq M_w + M_b`$$

$$M_{m\acute{a}x\ motor} = 6\ N.m$$

$$M_w + M_b = 4,95\ N.m`$$

$$6\ N.m \geq 4,95\ N.m$$

Lo que indica que el motor seleccionado cumple con el requerimiento de Par máximo de aceleración.

## 2.6 Sistemas de Seguridad.

Trabajar con una grúa torre requiere bastante desempeño y seguridad, tanto en el funcionamiento de la máquina como en su mantenimiento, pues resultaría difícil y peligroso trabajar con una grúa torre sin conocimiento y sin las medidas preventivas adecuadas. La grúa es la máquina más importante en toda la construcción, ya que una mala maniobra podría producir daños en la obra, pérdida de tiempo y podría ocasionar daños al personal, es por ello que el operador de la grúa deberá tener un buen conocimiento en el funcionamiento de la máquina.

La grúa torre posee varios dispositivos de seguridad comúnmente llamados limitadores estos deben de tener una constante vigilancia, entre estos limitadores se pueden ubicar:



**Limitadores de traslación del carro:**

Este limitador actuara sobre el tambor de enrollamiento del huinche del carro y limita el recorrido atrás o delante de éste. El movimiento del carro se controlará además mediante topes de plásticos o de goma, lo que evita mecánicamente que el carro se salga de su pista de traslación.

Se contará con el detector de final de carrera del carro quien desconectará el motor de traslación cuando el carro sobrepase el límite establecido en ambos extremos de la pluma. Se establecerá como límite 0.6 metros antes de llegar al extremo final de la Pluma y por el otro lado 3 metros antes de tener contacto con la Torre que es donde la Grúa tendrá su mayor capacidad de carga.

**Limitador de carga máxima:**

El objetivo de este tipo de seguridad es impedir que se sobrepase la carga máxima que ha sido calculada para la grúa-torre (15 Toneladas) Actuará directamente sobre el huinche de elevación, debido a la tracción ejercida por el cable, limita igual que al caso anterior, la carga elevada en función de la distancia y la traslación del carro en función de la carga. Se la ubicará en un sector de la pluma.

**Limitador en recorrido en altura del gancho:**

La función de este tipo de dispositivo de seguridad es evitar que por un error de operación, el gancho golpee las catalinas del carro provocando que el cable de elevación se corte, o que se golpee el gancho en el suelo desenrollándose el cable del tambor o descarrilándose este cable de elevación de las catalinas guías, con el peligro de cortarse por roce o estrangulación. Por lo que se controlará el número de vueltas efectuadas por el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación mediante el detector de final de carrera del gancho que se instalará en un extremo del tambor de elevación.

Es importante tener presente, que normalmente en las obras existen más de dos niveles de trabajo y el limitador será regulado para el caso más desfavorable. Por esta razón, en algún instante el limitador no operará, porque estará en un nivel superior al regulado. Este limitador se encontrará ubicado en el tambor de enrollamiento del huiñche de elevación.

**Puesta en Bandera o Veleta:**

Actuará directamente en el freno de motoreductor de giro, desbloqueándolo con el objeto de que la pluma se oriente con el

viento, cuando está fuera de servicio, a fin de oponerle la menor resistencia posible al viento. Es decir, permite que la pluma se oriente a la posición del viento.

# CAPÍTULO 3

## 3. MODELADO VIRTUAL DE LA GRÚA-TORRE.

### 3.1 Análisis Estructural en SAP2000®

SAP2000® es un software muy utilizado para cálculo estructural mediante elementos finitos. Con el uso de este programa es posible realizar modelos de geometría muy compleja en la que se requiere definir diversos estados de carga. Este programa permite definir automáticamente pesos propios, asignar secciones, materiales, así como realizar cálculos estructurales de acero basados en varias normas como AISC, EUROCODE, entre otras.

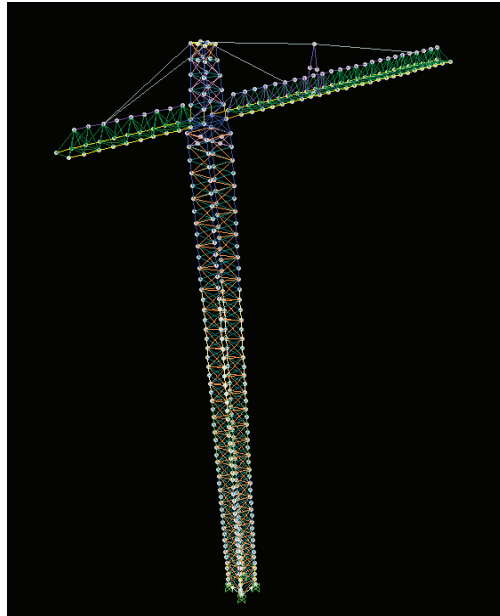
Para el modelado virtual de la Grúa-Torre seleccionada se utilizará las Especificaciones de Diseño de Factor de Carga y Resistencia (AISC-LRFD) previamente configurado al programa SAP2000®.

El procedimiento de resolución es muy similar a otros programas que tienen la misma función de diseño estructural. Este procedimiento consta de varias etapas, tales como: Escoger las unidades de trabajo, Creación de la Geometría del Modelo, Definición de Propiedades, Asignación de Propiedades, Asignación de Cargas y Análisis o Corrida de Programa.

En cuanto las Unidades de trabajo, se utilizará del Sistema Internacional, las unidades: Tonf, mm, C; aunque en ocasiones para poder apreciar de mejor manera alguna lectura se podría utilizar otras unidades dependiendo el caso, pero en todo caso se manejará el Sistema Internacional.

La Geometría del Modelo nace a partir del Diseño de Forma visto en el Capítulo 2, la misma que corresponde a tres estructuras principales:

- Pluma: Conformada por celosía de 40 m de largo.
- Contra-Pluma: Conformada por una plataforma de UPN y tejidos de tubos redondos y una longitud de 15 metros.
- Torre: Conformada de Celosía tipo *Warren con Montantes* cuya longitud es de 81 metros.



**FIGURA 3.1 PANORÁMICA GRÚA-TORRE EN SAP2000®**

La Geometría del modelo se puede dibujar directamente en el programa SAP usando las plantillas y modificando sus dimensiones para obtener la geometría requerida, una panorámica de la geometría se puede visualizar en la Figura 3.1.

La Definición de las Propiedades consiste en especificar los materiales de los elementos que se van a utilizar, las secciones que serán asignadas para los elementos según la aplicación y las cargas que serán aplicadas al modelo, sean estas cargas estáticas, combinaciones de cargas o cargas vivas.

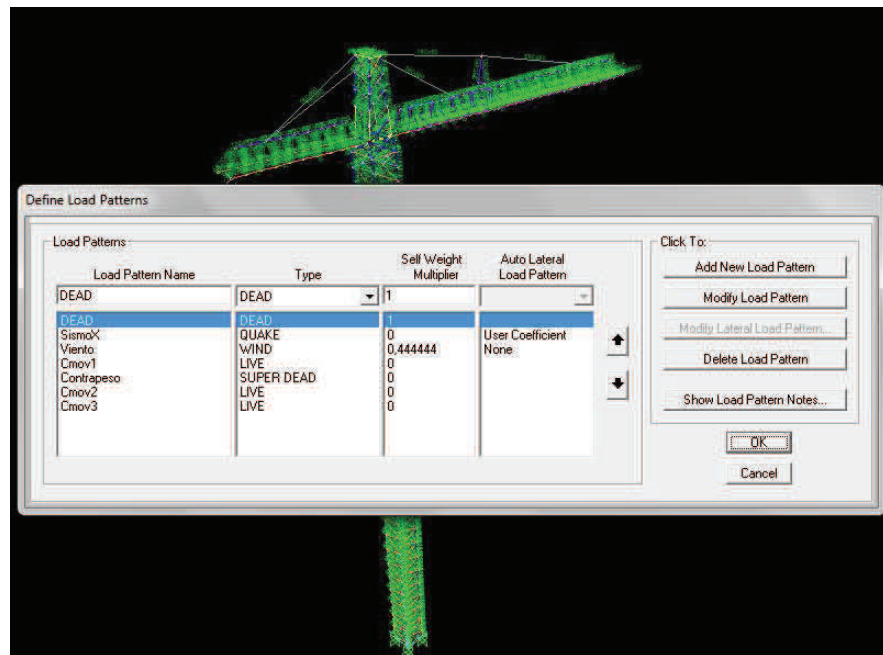
Como se indicó en el Capítulo 2, para el tipo de la Grúa-Torre es aconsejable utilizar el material ASTM A572 Gr. 50, cuyas propiedades se las tiene en la base de datos del software utilizado, así mismo las secciones que se manejará en general se trata de Perfiles Ángulos, Canales UPN, Tubos Redondos, Platinas, etcétera; cuyas medidas podrían variar dependiendo su comportamiento al momento de la corrida del programa.

Una vez que se obtiene la Geometría del Modelo y Seleccionado los Perfiles a comprobar se procede a definir las cargas y los estados de carga para el Modelo; se entiende como estado de carga las fuerzas, presiones, momentos, etcétera, a los que va a estar sometida la estructura, por acción de la maquinaria o el personal de trabajo, y por la acción de eventos naturales, tales como: viento y sismo.

Determinada las cargas de diseño descritas en el Capítulo 2, se las procede a asignar en el software SAP2000®, es muy importante que las cargas sean asignadas correctamente y específicamente a los elementos que la soportan. Los estados de carga utilizados se pueden observar en la Figura 3.2 Cuadro de Texto Definición de

Cargas y Estado de Carga, donde se asigna la Carga Muertas, Carga Sísmica, Carga de Viento y Cargas Vivas.

La Carga Muerta es la carga vertical debido al peso de todos los componentes estructurales, esta carga se considera generalmente en magnitud y dirección. La carga muerta será aplicada en forma distribuida sobre todos los elementos.

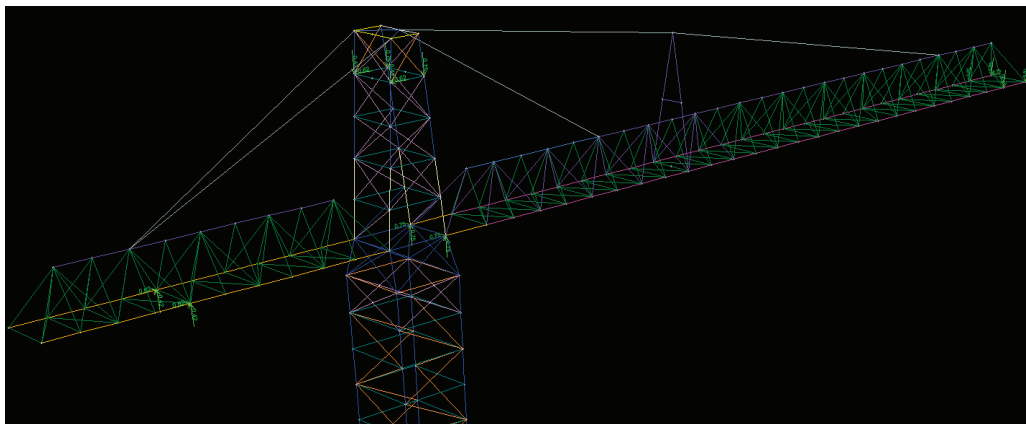


**FIGURA 3.2 CUADRO DE TEXTO DEFINICIÓN DE CARGAS Y ESTADOS CARGAS**



En cuanto a las cargas vivas se considera la carga ejercida por el peso a elevar, se ha elegido tres casos para este tipo de carga: *Cmov1*, *Cmov2*, *Cmov3*.

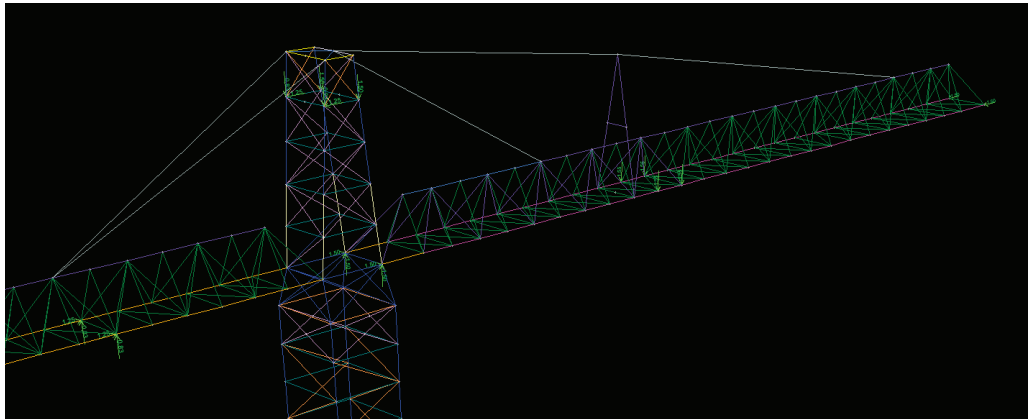
La carga *Cmov1* define a las fuerzas y reacciones provocadas cuando el peso a elevar se encuentra en el extremo de la pluma y su valor máximo no debe ser mayor a 3,2 toneladas, considerando el peso del carrito o trolley. La ubicación de la carga *Cmov1* se puede apreciar en la Figura 3.3 Visualización de Carga Viva, *Cmov1*.



**FIGURA 3.3 VISUALIZACIÓN DE CARGA VIVA, CMOV1.**

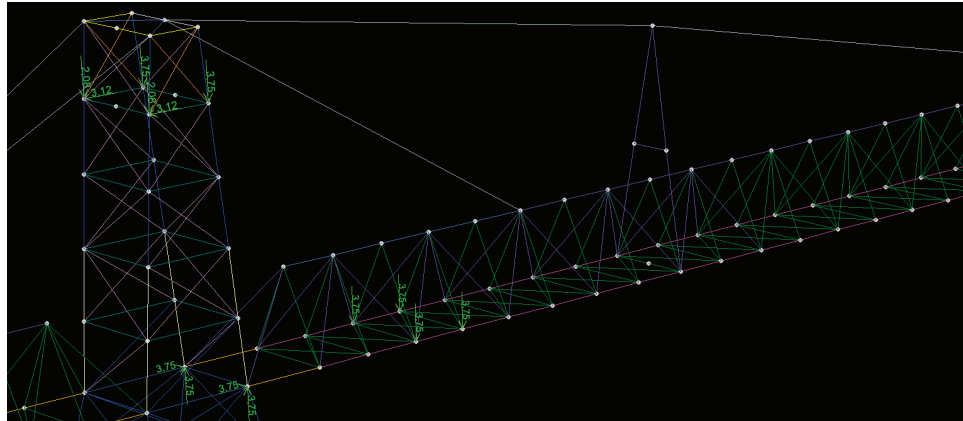
La carga *Cmov2* está definida por las fuerzas y reacciones provocadas por el peso a elevar cuando este se encuentra alejada 15 metros de la torre y cuyo valor no debe exceder a 6,2 toneladas

incluyendo el peso del carrito distribuidor de carga. Una visualización de *Cmov2* se la podrá tener en la Figura 3.4.



**FIGURA 3.4 VISUALIZACIÓN DE CARGA VIVA, CMOV2.**

Por último la carga *Cmov3* estará definida por las fuerzas y reacciones provocadas por el peso a elevar cuando este se encuentre 3 metros alejada de la torre y su valor sea de 15 toneladas, que es la carga máxima de la Grúa-Torre. Una visualización de la ubicación de *Cmov3* se encuentra en la Figura 3.5.



**FIGURA 3.5 VISUALIZACIÓN DE CARGA VIVA, CMOV3.**

La carga del viento que actúa sobre la estructura depende principalmente del factor de solidez, que es la relación entre el área de una cara de la estructura como si estuviera llena, con respecto al área real de dicha cara. Las fuerzas estáticas de diseño para evaluar la acción del viento sobre la estructura de la Grúa-Torre, vienen dado por la siguiente expresión:

$$F_A = 0,00483C_F K_Z G_H A_e V^2 \quad [11]$$

Donde,

$F_A$ : Fuerza de Arrastre,

$C_F = 3,5 - 4\emptyset$ : Factor de forma,

$\emptyset = \frac{A_e}{A_g}$  : Relación de Solidez,

$K_Z = \left(\frac{h}{110}\right)^{2/3}$  : Factor de velocidad del viento,

$G_H = 0,65 + \frac{0,65}{\left(\frac{h}{110}\right)^{1/3}}$ : Factor de Ráfaga,

$A_e$ : Área expuesta de los perfiles en cada tramo,

$A_g$ : Área total de cada tramo,

$V = 80 \text{ Km/h}$ ,

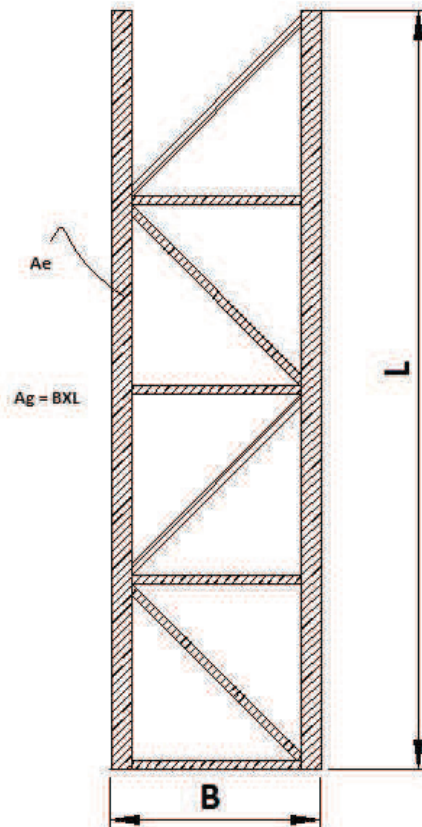


FIGURA 3.6 ÁREA TOTAL VS ÁREA EXPUESTA POR TRAMO

A manera de explicación se puede observar la Figura 3.6 donde se muestra representado en achurado el Área Expuesta y el Área Total de Cada Tramo como  $A_g = BXL$ , donde B representa el ancho del tramo y L el largo del mismo.

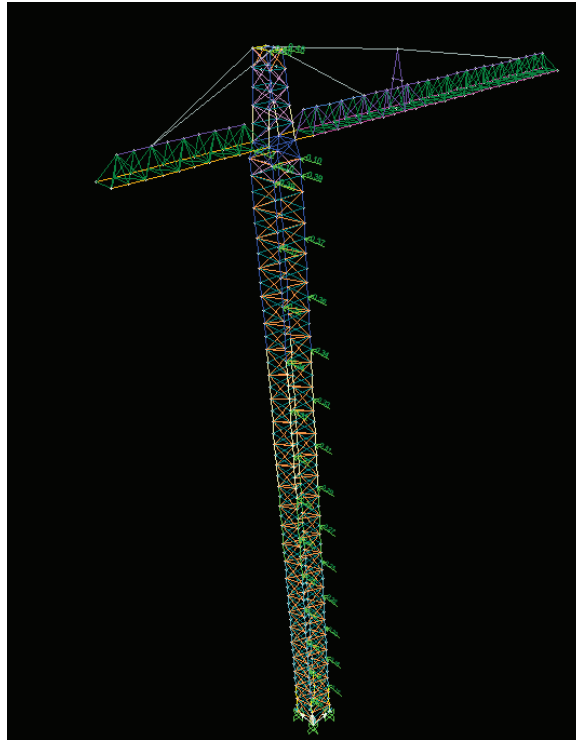
A continuación se muestra en la Tabla 17 los resultados obtenidos y asignados como carga de viento en el modelado de la Grúa-Torre.

**TABLA 17**

**RESULTADOS DE LA FUERZA DEL VIENTO SOBRE LA TORRE.**

FUERZA DEL VIENTO SOBRE LA TORRE											
Tramo	h	L[m]	B[m]	Ae[m <sup>2</sup> ]	Ag [m <sup>2</sup> ]	Kz	$\sigma$	Cf	$(h/110)^{1/3}$	Gh	Fa [Kg]
1	6	6	3,2	3,76	19,2	0,14382654	0,19583333	2,71666667	0,3792447	2,36393298	107,355798
2	12	6	3,2	3,76	19,2	0,22831041	0,19583333	2,71666667	0,47781838	2,01034951	144,926758
3	18	6	3,2	3,76	19,2	0,29917127	0,19583333	2,71666667	0,54696551	1,83837475	173,662173
4	24	6	3,2	3,76	19,2	0,36242018	0,19583333	2,71666667	0,60201344	1,72971012	197,941565
5	30	6	3,2	3,76	19,2	0,42055136	0,19583333	2,71666667	0,64849932	1,65231409	219,413303
6	36	6	3,2	3,76	19,2	0,47490478	0,19583333	2,71666667	0,68913336	1,59321367	238,908648
7	42	6	3,2	3,76	19,2	0,52630529	0,19583333	2,71666667	0,72546902	1,5459721	256,915729
8	48	6	3,2	3,76	19,2	0,57530617	0,19583333	2,71666667	0,7584894	1,50696649	273,749877
9	54	6	3,2	3,76	19,2	0,62230131	0,19583333	2,71666667	0,78886077	1,47397303	289,628675
10	60	6	3,2	3,76	19,2	0,66758368	0,19583333	2,71666667	0,81705794	1,44553722	304,709708
11	66	6	3,2	3,76	19,2	0,71137866	0,19583333	2,71666667	0,84343267	1,42066022	319,111427
12	72	6	3,2	3,76	19,2	0,75386435	0,19583333	2,71666667	0,86825362	1,39862918	332,925528
13	78	6	3,2	3,76	19,2	0,79518457	0,19583333	2,71666667	0,89173122	1,37891919	346,224713
14	79,5	1,5	3,2	0,94	4,8	0,80534685	0,19583333	2,71666667	0,89741119	1,37430565	87,3690489
15	88,5	9	3,2	4,588	20,205	0,86503509	0,22707251	2,59170997	0,93007262	1,34887016	428,884927

La asignación de la Fuerza, Fa sobre la geometría de la Grúa-Torre se la realiza por tramos de 6 metros.



**FIGURA 3.7 ASIGNACIÓN DE CARGA DE VIENTO SOBRE  
GEOMETRÍA DE GRÚA-TORRE**

La carga provocada por un sismo se la consideró según las recomendaciones realizadas en el Código Ecuatoriano de la Construcción: Peligro Sísmico, Espectros de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculo Para Diseño Sismo-Resistente [12] .

El código expresa un procedimiento de cálculo basado en un Cortante Basal y su distribución vertical de Fuerzas Laterales.

El Procedimiento de Cálculo de Fuerzas Estáticas utilizado se basó de la siguiente expresión matemática:

$$V = \frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E} W \quad [12]$$

$$C = \frac{1,25 S^S}{T} \quad [12]$$

Donde:

V (Cortante Basal de Diseño): El cortante basal de diseño V, que será aplicado a la estructura.

C: No debe exceder del valor de Cm establecido en la Tabla 18, no debe ser menor a 0,5 y puede utilizarse para cualquier estructura.

S: Su valor y el de su exponente se obtienen la Tabla 18,

R: Factor de reducción de respuesta estructural.

$\phi_P\phi_E$  : Coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

T: Periodo de Vibración.

Z: Valor en función de la zona sísmica adoptada.

El SAP2000 ® requiere como valor de entrada el coeficiente de cortante basal,  $\frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E}$  el cual es llamado simplemente C. Para ello se basará de las siguientes tablas tomadas a partir del código ecuatoriano de la construcción.

**TABLA 18**  
**COEFICIENTE DE SUELO S Y COEFICIENTE CM [12]**

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5

(\*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos.

**TABLA 19**  
**VALORES DEL FACTOR Z EN FUNCIÓN DE LA ZONA SÍSMICA**  
**ADOPTADA [12]**

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.4

La zona sísmica de la ciudad de Guayaquil es el número 3 (III), sin embargo por asuntos de cálculo y pensando en que la grúa podría trabajar en otras ciudades del país se considerará Zona Sísmica número 4 (IV). El valor de la Zona sísmica según las poblaciones ecuatorianas se las podrá encontrar en el Apéndice C.

El Factor I indica la Importancia de la Estructura y la Tabla 20 ayudará a encontrar este factor.



**TABLA 20**  
**TIPO DE USO, DESTINO E IMPORTANCIA DE LA ESTRUCTURA**  
**[12]**

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
1. Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

**TABLA 21**  
**DATOS OBTENIDOS A PARTIR DEL CÓDIGO**

Z	0,4
I	1
$\emptyset_e$	1
$\emptyset_P$	1
R	4

La Tabla 21 indica los Datos obtenidos mediante las Tablas, es el caso del factor Z y el Factor I, para el caso de  $\emptyset_P \emptyset_E$  se toma el valor de 1 debido a que la estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritos en el las tablas del código adjuntas en el Apéndice C.

El valor de  $C$  se obtiene a partir de la expresión descrita anteriormente  $C = \frac{1,25 S^S}{T}$  donde  $S@Tabla3.2=1.5$ , considerando el tipo de suelo de la ciudad de Guayaquil como Suelos Blandos y Estratos Profundos. El tema del período se lo toma a partir de la corrida del programa SAP2000®, obteniendo un periodo  $T= 4,11$  s (ver Figura 3.8)

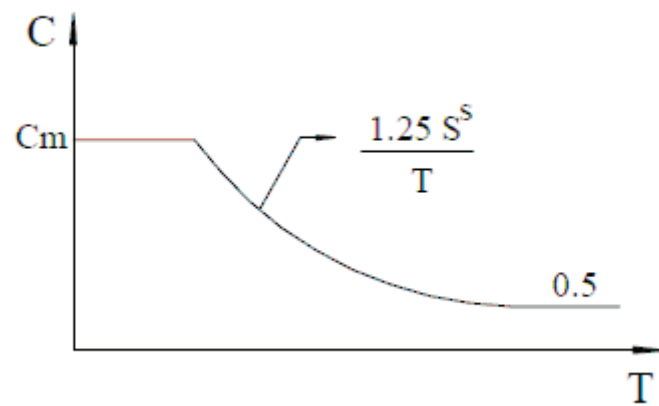


**FIGURA 3.8 VISUALIZACIÓN DE PERIODO T, GRÚA-TORRE**

Por lo tanto se obtiene:

$$C = 0,5587$$

Lo que obedece la curva mostrada en la Figura 3.9 Espectro sísmico elástico que representa el sismo de diseño.

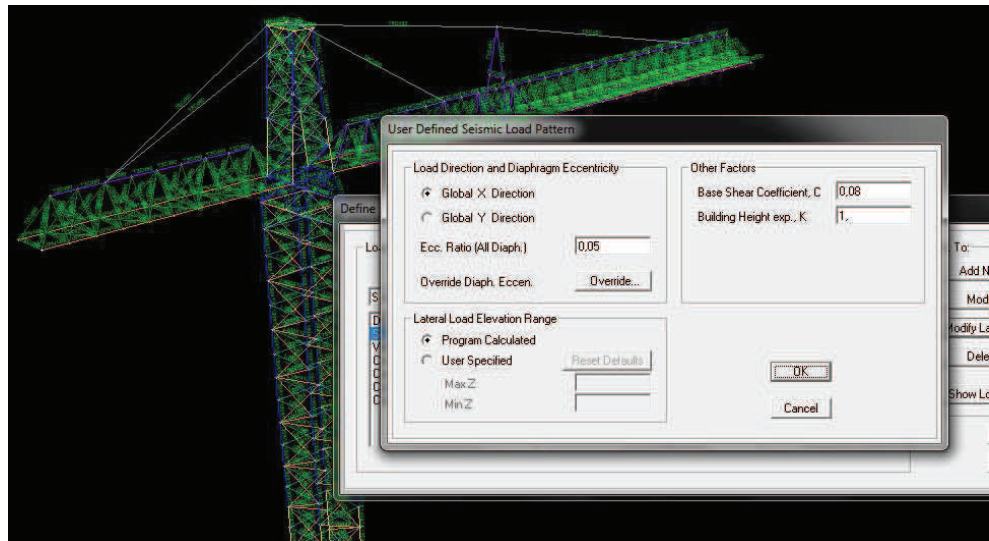


**FIGURA 3.9 ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO [12]**

Por lo tanto el coeficiente de cortante basal,

$$\frac{ZIC}{R\phi_P\phi_E} = 0,0558$$

Que es, como se indico previamente, lo que el SAP2000® requiere como entrada.



**FIGURA 3.10 ASIGNACIÓN DE COEFICIENTE DE CORTANTE BASAL**

Se suele elegir un contrapeso de manera que compense la mitad del momento de carga y el momento del pescante.

La carga *Contrapeso* se elije basándose en la siguiente expresión

$$G_c \cdot d = G \cdot e + \left( P_c + \frac{Q}{2} \right) L \quad [13]$$

Donde,

G = Peso de Pluma + Peso Contra-Pluma + Cabeza de Torre.

G<sub>c</sub> = Peso del Contra-Peso.

d = Distancia del Centro de la Torre hacia donde se encuentra situado el Contra-Peso.

e = Centroides de la Estructura Superior.

$L$  = Distancia del Centro de la Torre hacia el extremo del alcance máximo, donde se encuentra  $P$ .

$P$  = Peso de la Carga a elevar más el Peso del Carrito Distribuidor.

Datos conocidos:

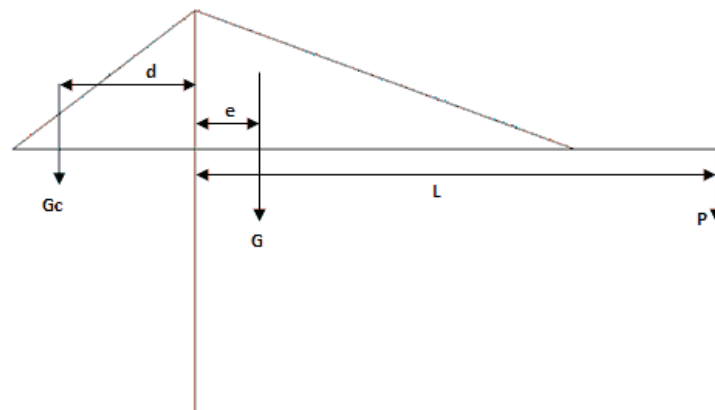
$G$  10,8829 Ton

$P$  3,212 Ton

$d$  13 m

$e$  8,8 m

Se recuerda la carga máxima en el extremo es  $Q = 3$  toneladas.

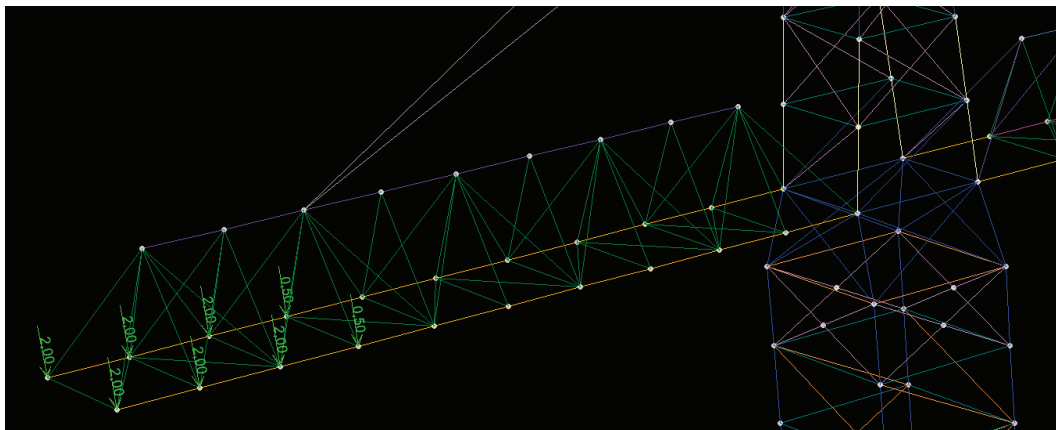


**FIGURA 3.11 ESQUEMA ESTRUCTURA SUPERIOR PARA CÁLCULO DE CONTRA-PESO**

$$G_c = \frac{G \cdot e + \left(P_c + \frac{Q}{2}\right) L}{d},$$

$$G_c = \frac{10,8829(8.8) + (0,212 + 1.5)(40)}{13} = 12,6345 \text{ Toneladas}$$

Por lo tanto se seleccionará un Contrapeso de 13 toneladas.

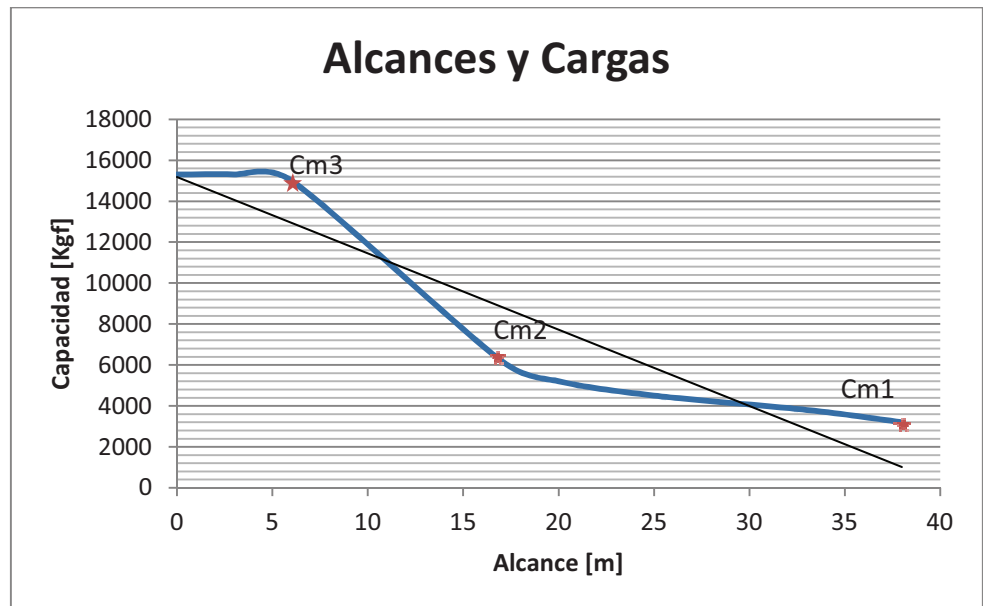


**FIGURA 3.12 ASIGNACIÓN DE CARGA CONTRA-PESO**

Una vez asignada las cargas que participan se procede con la corrida del programa. Se ve cómo se comportan.

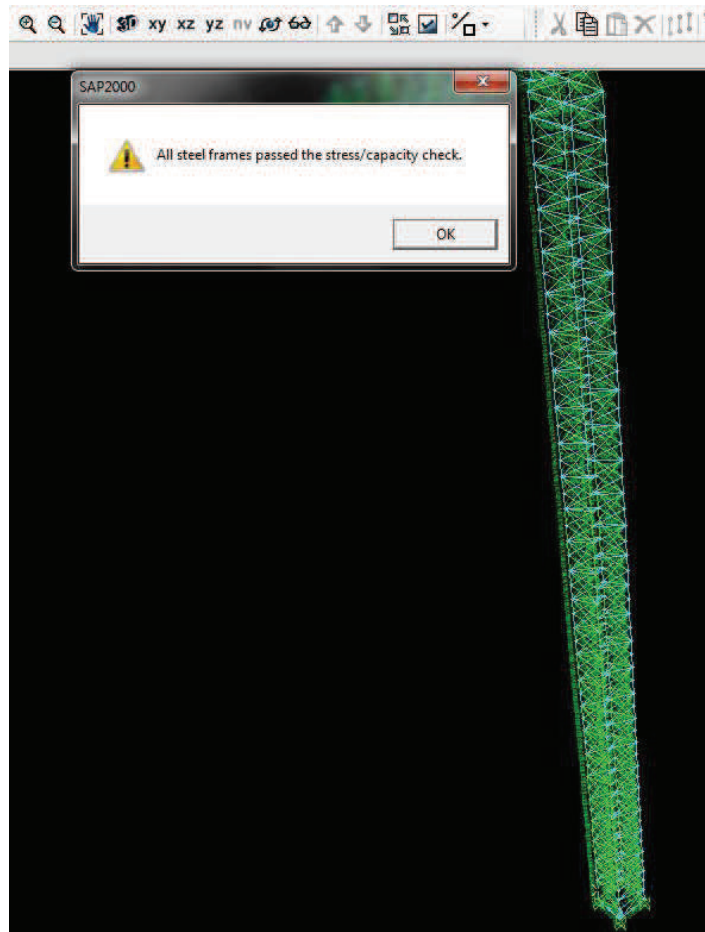
### 3.1.1 Torre.

Se corrió el programa considerando 3 casos, cada caso depende de la ubicación de la carga y el peso de la misma. Los 3 casos se encuentran representados en el Gráfico 3.1 *Alcances y Cargas Grúa-Torre Seleccionada*, como *Cm1*, *Cm2* y *Cm3*.



**GRÁFICO 3.1 ALCANCES Y CARGAS GRÚA-TORRE  
SELECCIONADA**

En los 3 casos corridos se obtuvo un resultado satisfactorio, donde todos los tramos pasaron la Revisión Esfuerzo/Capacidad, así lo muestra la Figura 3.13 a continuación.

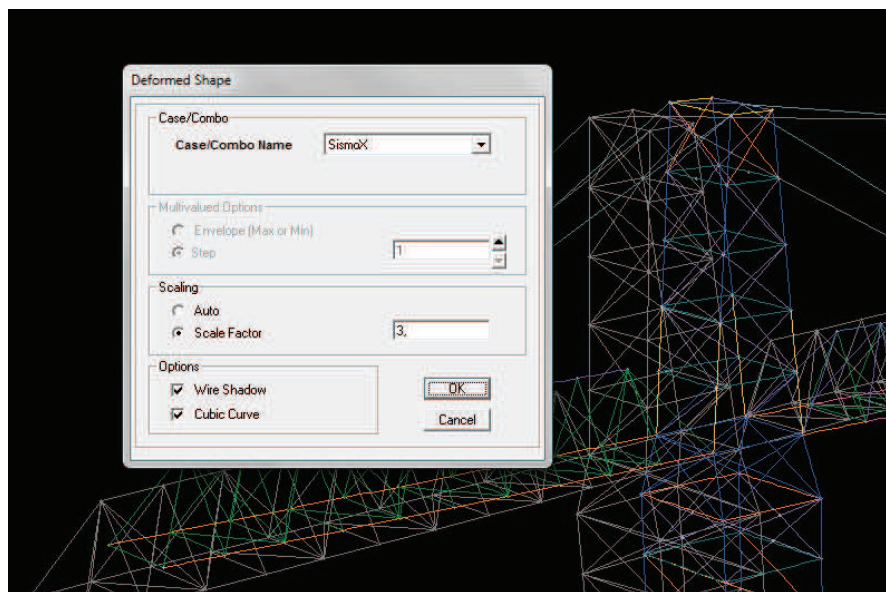


**FIGURA 3.13 VISUALIZACIÓN DE PRUEBA  
ESFUERZO/CAPACIDAD SATISFACTORIA DE TRAMOS DE  
LA TORRE EN SAP2000®**

Una vez que el análisis del programa haya concluido, el programa de manera inmediata presenta en la pantalla el modelo de manera deformada, pero no en dimensiones reales; para visualizar la deformación se tendría que configurar la Escala. Además, se debe especificar el Caso a

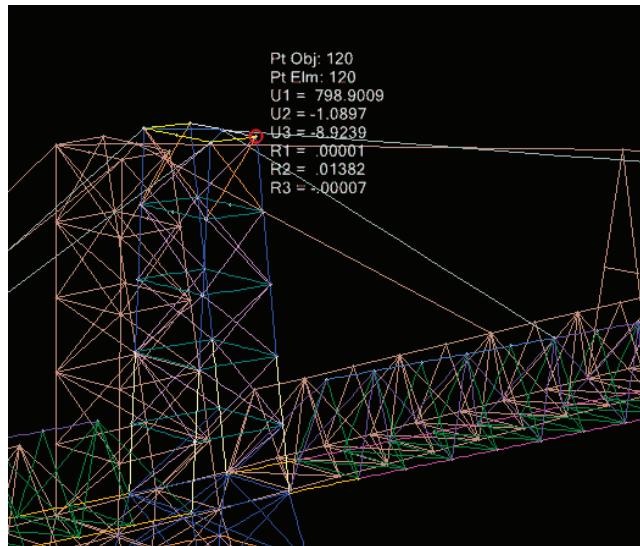


analizar, es decir: por muerta, viva o por sismo; la Figura 3.14 muestra la configuración de la Escala y el Caso; un vez elegida la Escala adecuada y el Caso se podrá visualizar la deformación y dirigiéndose hacia cualquier punto de la geometría de la Torre se podrá observar los valores numéricos de las deformaciones.



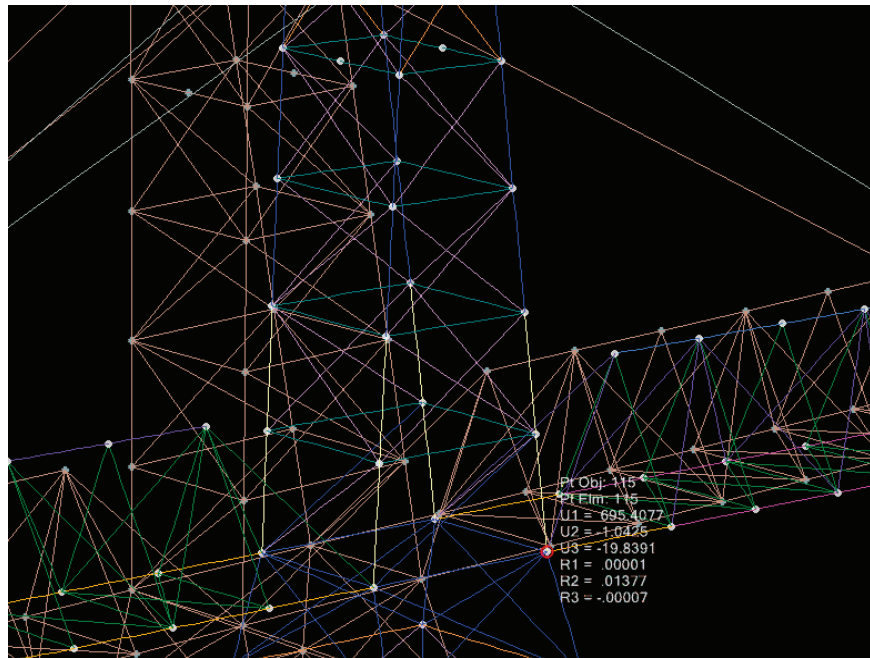
**FIGURA 3.14 CONFIGURACIÓN DE ESCALA Y CASO PARA VISUALIZACIÓN DE LA DEFORMACIÓN EN SAP2000®**

A manera de ejemplo en la Figura 3.15 muestra la deformación en el punto más alto de la Torre, situado en la Cabeza de la Torre a 88,5 metros, en caso de Sismo, muestra desplazamientos en X (U1), Y(U2) y Z(U3) de 798 mm, -1,0897 mm y -8,924mm respectivamente.



**FIGURA 3.15 DEFORMACIONES CABEZA DE TORRE  
ALTURA 88,5 METROS**

La Figura 3.16 muestra otro ejemplo a una altura de 81 metros y en caso de Sismo y arroja los siguientes desplazamientos:  $U1=695\text{mm}$ ,  $U2=-1.04\text{mm}$ ,  $U3= -19,83\text{mm}$ .



**FIGURA 3.16 DEFORMACIÓN DE TORRE ALTURA 81 METROS**

Las deformaciones obtenidas se encuentran dentro del rango permitido por el Código Ecuatoriano de la Construcción, el mismo que establece lo indicado en la Tabla 22.

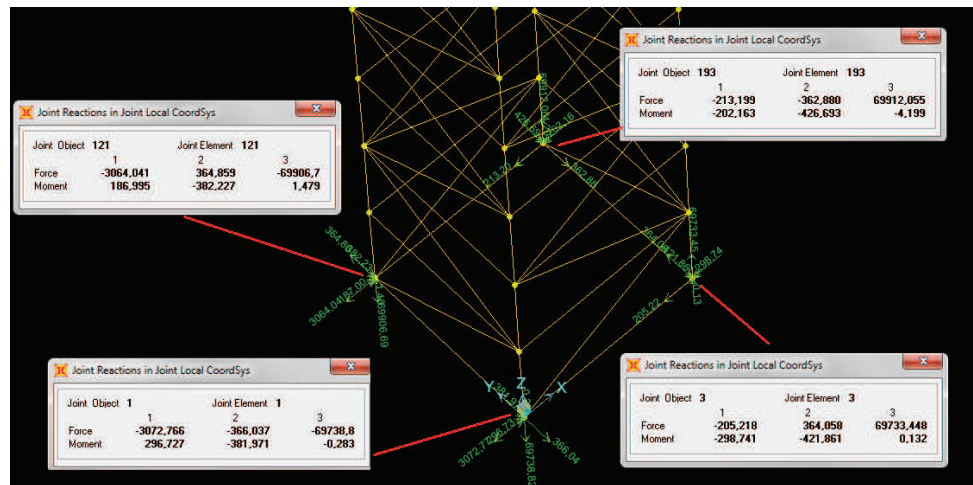
**TABLA 22**  
**VALORES DE  $\Delta$ MÁXIMOS, EXPRESADOS COMO FRACCIÓN**  
**DE LA ALTURA DE PISO [12]**

Estructura de	$\Delta$ máximos
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
De mampostería	0,010

Con la ayuda del software se podrá obtener los datos necesarios para que el Ingeniero Civil nos pueda ayudar con la cimentación adecuada para la Grúa-Torre, y que esta opere a cabalidad. Los datos son los mostrados en la Tabla 23 y su ubicación se las puede observar en la Figura 3.17.

**TABLA 23**  
**TABLA DE RESULTADOS DE REACCIONES Y MOMENTOS**  
**BASE DE LA GRÚA-TORRE**

	Junta 1			Junta 121			Junta 193			Junta 3		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	X	y	z
Fuerza [Kgf]	-3073	-366	-69738	-3064	365	-69906	-213	-363	69912	-205	364	69733
Momento [Kgf.m]	297	-381	-0,283	187	-382	1,48	-202	-426	-4,199	-298	-422	0,132



**FIGURA 3.17 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS DE FUERZA Y MOMENTOS EN BASE DE GRÚA-TORRE**

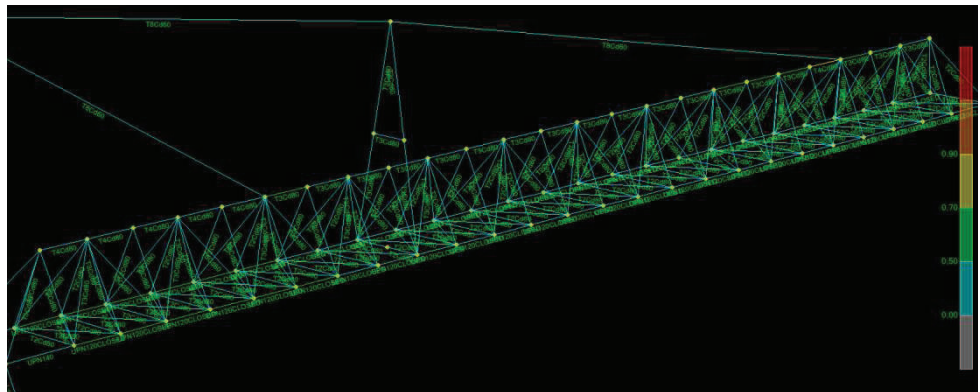
### 3.1.2 Pluma y Contra-pluma.

A continuación se verá cómo se comporta la Pluma y la Contra-Pluma; para ello simplemente se visualizará los resultados obtenidos a partir de la corrida general que se tuvo del programa SAP2000 ®.

Una vez terminado el análisis o corrida del programa, este indica qué elementos podrían fallar debido a los esfuerzos ejercidos sobre ellos, como se vio anteriormente de manera general todos los elementos de la Grúa-Torre habían pasado la revisión de Esfuerzo/Capacidad; esta revisión consiste en analizar cada elemento y determina mediante el uso de una

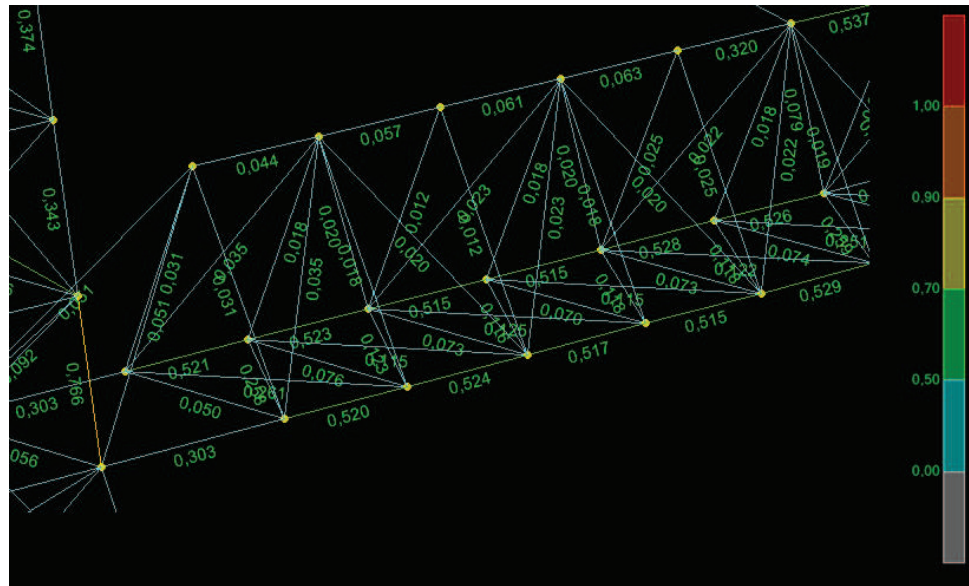
gama de colores qué elementos fallan o se encuentran dentro de los rangos permisibles, siendo el color rojo el que indica el más crítico o que se encuentra sobre-esforzado. Por ello, el diseño se enfoca en modificar las propiedades necesarias en dichos elementos para luego realizar un nuevo análisis y que estos nuevos elementos se ajusten a los requerimientos de carga, evitando que por una parte el elemento este sobredimensionado o sobre-esforzado; y que sea de fácil construcción.

La Figura 3.18 muestra en su mayoría que la estructura de la pluma presenta una coloración celeste con valores de 0-0,5 lo que indica un factor de seguridad mayor a 2, es decir un comportamiento muy satisfactorio; sin embargo se puede observar pocos elementos con coloraciones verdes y amarillas con valores entre 0,5 a 0,90, lo que indica un factor de seguridad entre 1,11 a 2, es decir un valor óptimo.



**FIGURA 3.18 VISUALIZACIÓN DE REVISIÓN DE ESFUERZO/CAPACIDAD DE LA ESTRUCTURA DE LA PLUMA EN SAP2000®**

A continuación se ve cómo se comporta un elemento en particular en el tramo TIPO P1. La Figura 3.19 muestra con ayuda de los comandos del SAP2000® el valor del Ratio máximo de esfuerzo al cual estará sometido cada elemento, en la combinación de carga más desfavorable; y la Figura 3.20, en cambio, muestra cómo se comporta un elemento de 1,5 metros de UPN120 (resaltado con color rojo), se observa el cuadro de texto donde indica el Ratio máximo 0,515 o factor de seguridad 1,94 que es un valor bastante bueno, considerando que el software utilizó la combinación de carga más desfavorable, "DSTL2" la misma que consiste en lo expuesto en la Tabla 24. Se adjunta mayor información sobre el análisis de este elemento en el Apéndice E.



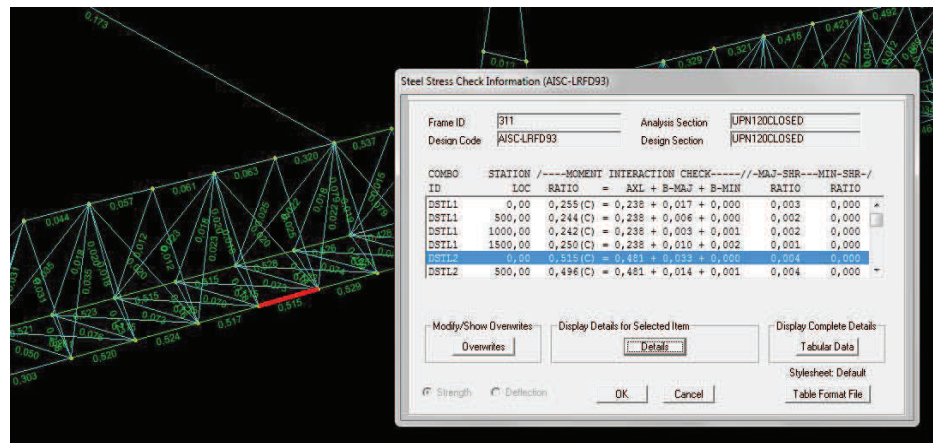
**FIGURA 3.19 VISUALIZACIÓN DE LA REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TRAMO TIPO P1**

**TABLA 24**

**DATOS DE LA COMBINACIÓN DE CARGA DSTL2**

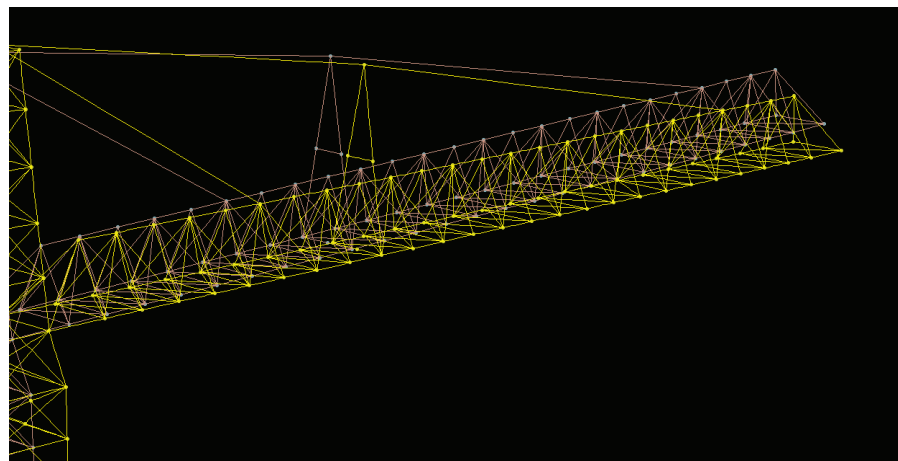
Estado de Carga	Factor Multiplicador
DEAD	1,2
Cmov1	1,6
Contrapeso	1,2
Cmov2	1,6
Cmov3	1,6





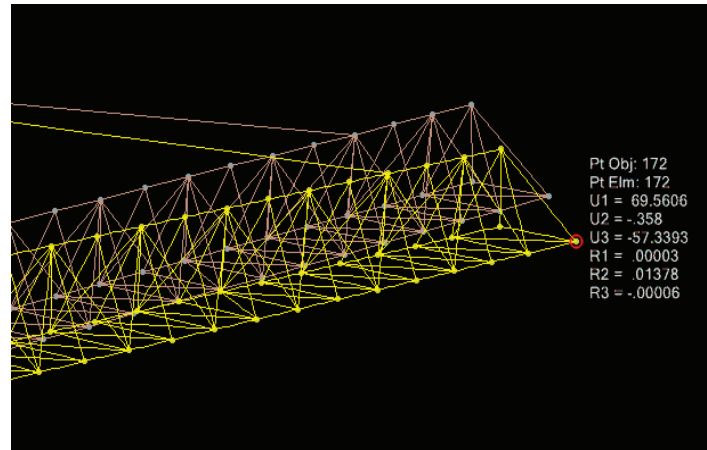
**FIGURA 3.20 CUADRO DE TEXTO DE ANÁLISIS DE REVISIÓN DE ELEMENTO DE 1,5 METROS DE TRAMO TIPO P1**

La Figura 3.21 muestra el desplazamiento de la Pluma, cuando el programa fue corrido con las consideraciones expuestas en la sección 3.1 del presente capítulo.



**FIGURA 3.21 VISUALIZACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE LA PLUMA EN SAP2000®**

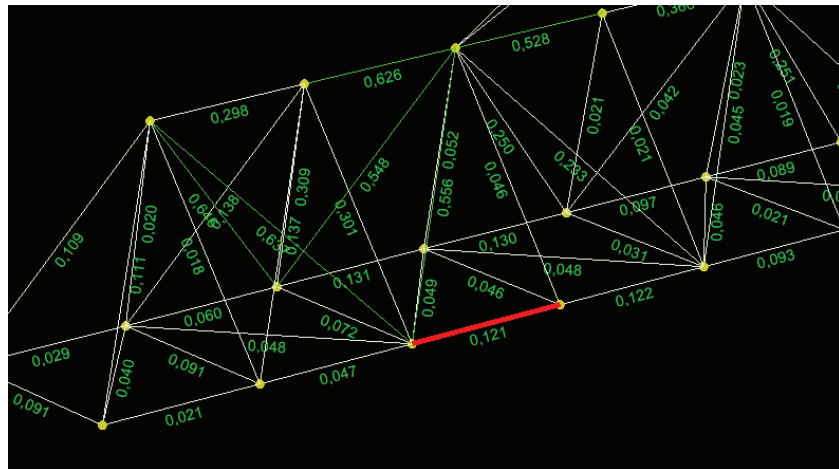
Los desplazamientos en el extremo de la pluma son:  
 $U1=69,56$  cm,  $U2=-0,358$  cm,  $U3=-57,33$  cm y se observan  
en la Figura 3.22



**FIGURA 3.22 DESPLAZAMIENTOS OBTENIDOS AL  
EXTREMO DE LA PLUMA EN SAP2000®**

Los elementos que conforman los tramos de la estructura metálica de la Contra-Pluma no presentan mayor novedad, pues al realizar la revisión Esfuerzo/Capacidad todos pasan.





**FIGURA 3.24 VISUALIZACIÓN ELEMENTO UPN140 DE LA ESTRUCTURA DE LA CONTRA-PLUMA**

Se observa un ratio de 0,121 lo que indica un factor de seguridad de 8,26 bajo la combinación de carga más desfavorable, que en este caso fue DSTL1.

Steel Stress Check Information (AISC-LRFD93)

Frame ID: 331      Analysis Section: UPN140  
 Design Code: AISC-LRFD93      Design Section: UPN140

COMBO ID	STATION LOC	Ratio	MOMENT INTERACTION CHECK	MAJ-SHR	MIN-SHR
DSTL1	0,00	0,121 (C)	= 0,057 + 0,051 + 0,013	0,009	0,002
DSTL1	0,50	0,088 (C)	= 0,057 + 0,027 + 0,005	0,008	0,002
DSTL1	1,00	0,066 (C)	= 0,057 + 0,005 + 0,004	0,008	0,002
DSTL1	1,50	0,086 (C)	= 0,057 + 0,016 + 0,013	0,007	0,002
DSTL2	0,00	0,101 (C)	= 0,049 + 0,041 + 0,011	0,007	0,002
DSTL2	0,50	0,074 (C)	= 0,049 + 0,021 + 0,004	0,007	0,002

Buttons: Modify/Show Overwrites, Display Details for Selected Item, Display Complete Details, Strength, Deflection, OK, Cancel, Stylesheet: Default, Table Format File

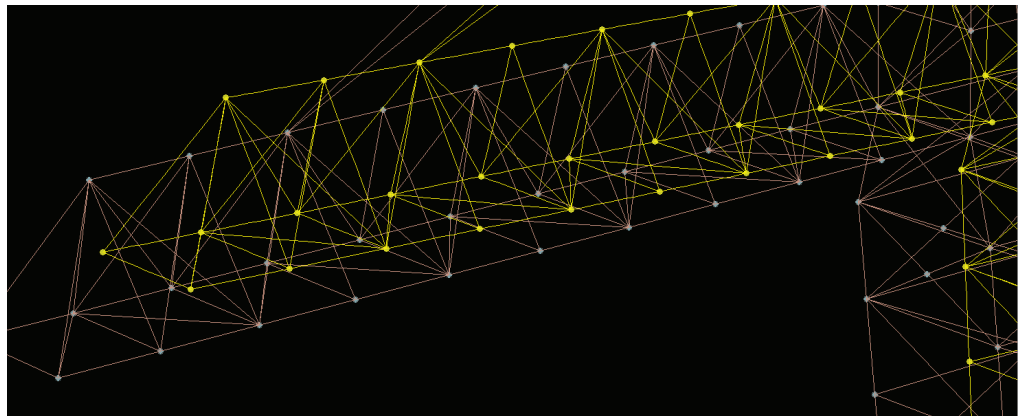
**FIGURA 3.25 CUADRO DE INFORMACIÓN DE REVISIÓN UPN140**

La Tabla 25 indica en qué consiste la Combinación de Carga DSTL1:

**TABLA 25**  
**DATOS DE LA COMBINACIÓN DE CARGA DSTL1**

Estado de Carga	Factor Multiplicador
DEAD	1,4
Contrapeso	1,4

A continuación se revisará los desplazamientos que se produjeron en la estructura de la Contra-Pluma:



**FIGURA 3.26 DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE LA CONTRA-PLUMA**

A un extremo de la Contra-Pluma se obtuvieron los siguientes desplazamientos:  $U_1 = 69,54$  cm,  $U_2 = 0,01$  cm, y

U3 = 22,9 cm, los mismos que se encuentran dentro de los desplazamientos permitidos por el código.

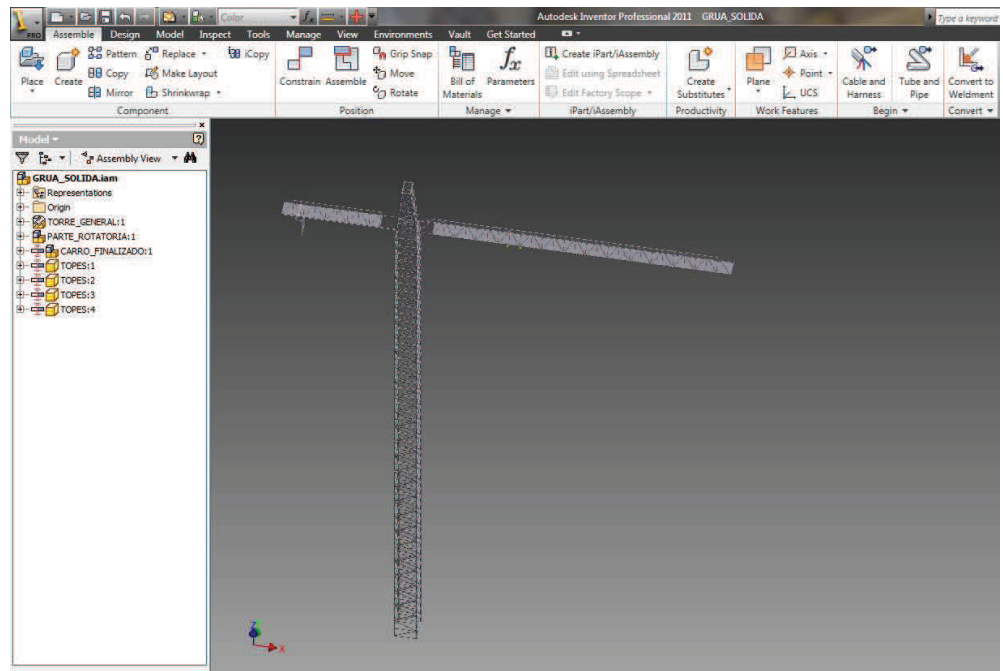
### **3.2 Modelado con Autodesk Inventor ®**

Autodesk Inventor ® es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D, del cual se basará para realizar la Representación Gráfica de la Grúa-Torre y a partir de ello obtener los planos generales y de detalle de la misma.

Con la ayuda de este software se realizará además una pequeña animación de la misma, con lo que se pretende visualizar los diferentes grados de libertad que posee esta enorme máquina.

#### **3.2.1 Representación Gráfica en Tercera Dimensión.**

Se consideró necesaria una representación gráfica en tercera dimensión a fin de visualizar con una escala adecuada los distintos elementos que conforman la Grúa-Torre tanto la estructura como los sistemas.



**FIGURA 3.27 VISUALIZACIÓN DE GRÚA-TORRE VENTANA DE AUTODESK INVENTOR®**

La representación gráfica en tercera dimensión de la Grúa-Torre ayudará además a observar ciertos detalles de diseño tales como: conexiones entre tramos de Torre, Pluma y Contra-Pluma, detalles que con conocimientos básicos de visualización en Autodesk Inventor® son posibles obtener.

Con la ayuda del software Autodesk Inventor® y gracias a su manejo muy amigable fue posible obtener los Planos Generales y Específicos, tanto de los Componentes Estructurales como de ubicación de los Mecanismos. Además el software ayuda a obtener cualquier Plano de

Detalle a partir de la representación en tercera dimensión, simplemente se elige la sección o elemento a detallar y seleccionando la escala adecuada se puede obtener el Plano de Detalle.

### **3.2.2 Animación de Grúa-Torre.**

Con la ayuda del Software comercial Autodesk Inventor ® fue posible realizar una pequeña animación de la Grúa-Torre; se puede observar el giro de 360 grados de la Pluma y traslado del carrito distribuidor de carga a lo largo de la Pluma; para ello es necesario colocar las constricciones adecuadas en el software.

Se pretenderá mostrar el brazo giratorio y cómo actúa el sistema corona-piñón. A fin de tener una idea global de cómo sería en la realidad.



# CAPÍTULO 4

## 4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.

En el presente capítulo se pretende tener una idea aproximada del costo de implementación, en caso que se lleve a cabo la fabricación y puesta en marcha de la Grúa-Torre.

Se tomará en cuenta el costo de los equipos motrices, cables y mecanismos que dotan a la Grúa-Torre de sus grados de libertad. Así mismo se tendrá en cuenta la fabricación local de partes, que irá más relacionado con la fabricación de la estructura metálica de la Grúa-Torre.

### 4.1. Importación de Equipos.

En el país existen proveedores que son representantes de marcas importantes, entre estas marcas están: SKF, NSK SIEMENS, ABB, ROSSI, etc. que son las marcas que se utilizará para los motores de los sistemas, cables metálicos, rodamiento y piñón de giro, etc.

Es por ello que se ha contactado a proveedores tales como: HIVIMAR, BKBMAQUINARIA, PROBRISA, TECNOTRANSMISIONES, TRANSTENCIA, IMPROSELEC, a quienes se les ha solicitado la cotización según el rubro que corresponde. La Tabla 26 muestra los valores obtenidos por rubro a través de la consulta técnico-comercial realizada a los proveedores. Se podrá revisar las cotizaciones y/o consulta técnica comercial en los ANEXOS D.

**TABLA 26**  
**COSTO DE EQUIPOS IMPORTADOS**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	SISTEMA	Costo [\$]	Proveedor
1	Cable Metálico 6X37+1, diámetro 33mm, Resistencia de los alambres de 180Kg/mm <sup>2</sup> y Resistencia a la Rotura de 70600Kgf	350	m	ELEVACIÓN/TRASLACIÓN	\$ 6.209,28	PROBRISA
2	Motor Trifásico Uso Severo. Potencia 50HP. 3600 RPM. Eficiencia 87,8%. Factor de Servicio 1,15	1	Unid.	ELEVACIÓN	\$ 3.563,00	IMPROSELEC
3	Rodamiento de Giro RKS.161.16.1644 SKF	1	Unid.	GIRO	\$ 28.493,84	HIVIMAR
4	Motor Trifásico de Alta Eficiencia. Potencia 5HP. 1800 RPM. Eficiencia 87,5%. Factor de Seguridad 1,15	1	Unid.	GIRO	\$ 649,00	IMPROSELEC
5	Reductor de Velocidad Tipo Sinfin-Corona Velocidad de Entrada 1800RPM. Índice de Reducción. Potencia de Entrada 2.20CV	1	Unid.	GIRO	\$ 574,00	BKBMAQUINARIA
6	Motor Trifásico de Alta Eficiencia. Potencia 3HP. 1800 RPM. Eficiencia 87,5%. Factor de Seguridad 1,15	1	Unid.	TRASLACIÓN	\$ 477,00	IMPROSELEC

#### 4.2. Fabricación Local de Partes.

La Fabricación Local de Partes corresponde en su mayoría a la fabricación de los componentes estructurales, es decir: Torre o Mástil, Pluma y Contra-Pluma.

Para ello se ha considerado varios rubros, entre ellos: Mano de Obra, Material Base, Accesorios (escaleras y plataformas), Consumibles, Equipos, Maquinarias, Limpieza Superficial y Pintura.

El Rubro Mano de Obra se refiere al valor que los trabajadores perciben por sus servicios, se categoriza a los trabajadores según sus habilidades, preparación y especialidad, por lo tanto se contará para la fabricación de la Grúa-Torre con: Ayudantes, Armadores, Soldadores, Mecánicos, Supervisores e Ingeniero a Cargo.

El Rubro Material Base se refiere al costo del acero, que en este caso particular se trata del costo de los perfiles y tuberías que se utilizarán para la fabricación de la estructura de la Grúa-Torre. Con la ayuda del software comercial SAP2000® nos fue posible obtener la lista de materiales a utilizar; una vez obtenida la lista de materiales se procedió a solicitar cotizaciones a los proveedores de acero en el mercado local.

La Tabla 27 muestra la Lista de Materiales, la cantidad en tramos de 6 metros y en qué componente estructural estará ubicado cada perfil.

**TABLA 27**  
**LISTA DE MATERIALES GRÚA-TORRE**

<b>TABLE: Material List Tower-Crane- By Section Property</b>					
<b>Section</b>	<b>TotalLength</b>	<b>TotalWeight</b>	<b>Weight/Length</b>	<b>Quantity</b>	<b>Component</b>
Text	m	Tonf	KG/m	# tramos en 6 m	Estructura
L100X12	747,89684	13,3314	17,83	130	TORRE
L150X12	120,59892	3,297	27,34	21	TORRE
L150X14	72	2,2628	31,43	13	TORRE
L150X18	48	1,9226	40,05	9	TORRE
L200X18	94,5	5,1261	54,24	17	TORRE
L200X20	1,5	0,0899	59,93	1	TORRE
L200X24	24	1,7065	71,10	5	TORRE
L75X6	678,4	4,6576	6,87	118	TORRE
L80X12	28,27296	0,3966	14,03	5	TORRE
UPN140	30,31875	0,9709	32,02	6	Contra-Pluma
T2Cd80	149,98276	1,122	7,48	26	Contra-Pluma
T3Cd80	12	0,1833	15,28	3	Contra-Pluma
L150X12	2,2	0,0601	27,32	1	PLUMA
PL 120	76	0,715	9,41	14	PLUMA
T2Cd80	342,05291	2,5588	7,48	60	PLUMA
T3Cd80	89,41024	1,3655	15,27	16	PLUMA
T4Cd80	7,5	0,1674	22,32	2	PLUMA
UPN120	76	0,6594	8,68	14	PLUMA
UPN140	4,31875	0,1383	32,02	1	PLUMA
HEB160	4,775	0,2035	42,62	1	Cabeza de TORRE
HEB180	2,2	0,1128	51,27	1	Cabeza de TORRE
L100X12	8,33638	0,1486	17,83	2	Cabeza de TORRE
L150X12	34,47948	0,9426	27,34	6	Cabeza de TORRE
L150X14	12,06754	0,3793	31,43	3	Cabeza de TORRE
L75X6	34,275	0,2353	6,87	6	Cabeza de TORRE
L80X12	60,21264	0,8446	14,03	11	Cabeza de TORRE
T4Cd80	3,38683	0,0756	22,32	1	Cabeza de TORRE

Los accesorios se refieren a las escaleras de acceso a la cabina y las plataformas de mantenimiento y pasamanos ubicados en la

pluma y contra-pluma. Los costos de fabricación de estos accesorios estarán dados por los indicados en la Tabla 28.

**TABLA 28**  
**COSTOS DE METRO LINEAL DE ACCESORIOS**

<b>Escaleras de Acceso y Plataformas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo Metro Lineal</b>
Escalera Marinera	\$ 160,00
Plataforma	\$ 200,00
Pasamanos	\$ 120,00

Los valores representados en la Tabla 28 son costos referenciales dentro de la industria metalmecánica.

El rubro de Maquinaria se refiere a los equipos de transporte, elevación de carga y movilización interna de componentes necesarios para la fabricación de la estructura.

En el costo de fabricación de la estructura entra también la limpieza superficial del material según norma SSPC-SP6 que indica un *Granallado Comercial* con el que se deberá tener un perfil de anclaje no menor a 15µm, a fin de obtener una adherencia adecuada al momento de aplicar la pintura.

A continuación se detallan los costos involucrados en la Fabricación de la Grúa-Torre en la Tabla 29.

**TABLA 29**  
**COSTO TOTAL ESTIMATIVO DE FABRICACIÓN**

<b>Fabricación de Estructura</b>	
Mano de Obra	\$ 25.907,20
Materiales	\$ 78.656,55
Consumibles	\$ 3.600,00
Equipos	\$ 3.150,00
Maquinaria	\$ 9.634,70
Limpieza Superficial - Pintura	\$ 19.600,00
Accesorios (Escaleras y Plataformas)	\$ 33.120,00
<b>Costo Total de Fabricación</b>	<b>\$ 173.668,45</b>

#### **4.3. Montaje y Puesta en Marcha.**

El costo del montaje y la puesta en marcha de la Grúa-Torre estaría dada por los rubros: Mano de Obra, Materiales y Equipos, Consumibles y Maquinarias, este último considera la maquinaria de levantamiento de carga.

El rubro de Mano de Obra debe considerar personal con experiencia en trabajos en altura y que tenga conocimientos de seguridad industrial, así mismo se debe considerar contar con los servicios de técnicos mecánicos para las instalaciones de los mecanismos.

En el rubro Maquinaria se considerará el alquiler de una Grúa de 140 Toneladas, con la que se deberá izar cada tramo de la Torre y la estructura de la Pluma y Contra-Pluma.

La Tabla 30 muestra el costo del montaje y puesta en marcha de la Grúa-Torre por los rubros descritos anteriormente.

**TABLA 30**  
**COSTO ESTIMATIVO DE MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA**

<b>Montaje y Puesta en Marcha</b>	
Mano de Obra	\$ 6.750,00
Materiales	\$ 2.000,00
Equipos/Herramientas	\$ 1.800,00
Consumibles	\$ 1.575,00
Maquinarias	\$ 28.796,00
<b>Total</b>	<b>\$ 40.921,00</b>



A continuación se observa la Tabla 31 que se indica en el Resumen de los Costos Estimativos de Implementación de la Grúa-Torre.

**TABLA 31**  
**RESUMEN DE COSTOS ESTIMATIVOS DE IMPLEMENTACIÓN**

<b>RESUMEN</b>	
Fabricación de la Estructura Metálica	\$ 173.668,45
Importación de Equipos	\$ 50.027,44
Montaje y Puesta en Marcha	\$ 40.921,00
<b>Total</b>	<b>\$ 264.616,89</b>

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Al finalizar la presente tesis de grado se ha cumplido con el objetivo de *Diseñar y Modelar virtualmente una Grúa-Torre Fija con Pluma Horizontal Giratoria* para una capacidad de carga de 15 toneladas.

La necesidad de utilizar este tipo de maquinarias de transporte y elevación de carga es cada vez mayor. En la actualidad se observa muy a menudo en el país la construcción de edificios de alturas considerables, como es el caso del edificio *The Point* en la ciudad de Guayaquil que alcanzó ya su altura máxima de más de 137 metros (36 pisos), convirtiéndolo en el más alto del Ecuador por el momento, ya que en la ciudad de Quito se prevé inaugurar en el 2.018 un complejo de siete torres donde una de ellas sobrepasará los 40 pisos. Se observa también

frecuentemente la construcción de complejos empresariales, como por ejemplo *City Plaza* en la ciudad de Guayaquil. La industria cementera esta en completo crecimiento, se conoce a menudo de proyectos cada vez más ambiciosos de ampliación y de remodelación de plantas, donde el uso grúas torre tiene un valor muy importante para el desarrollo de los trabajos.

La Geometría propuesta de la Estructura Metálica de la Grúa-Torre fue modelada utilizando el Software SAP2000, obteniéndose los resultados esperados de acuerdo a LRFD-AISC.

La estructura metálica de la Grúa-Torre al ser una estructura compuesta por tramos de máximo 12 metros de largo, facilitaría su transporte y manipuleo, lo que redundaría en menores gastos de operación, rubro importante al momento de presupuestar un proyecto.

Las características geográficas de nuestro país no limitarían el uso de la Grúa-Torre en cualquier zona sísmica, utilizando para su diseño del Código Ecuatoriano de la Construcción la zona IV, donde se obtuvo un coeficiente de cortante basal de 0,0558 cuyo comportamiento fue verificado mediante SAP2000 logrando resultados satisfactorios. En

cuanto las condiciones meteorológicas se consideraron velocidades del viento de hasta 80Km/h.

Cada elemento de los tramos en celosía trabaja en la condición más favorable; lo que permite reducir al mínimo las secciones resistentes del material utilizado, por lo que la celosía es particularmente adaptada para soportar las cargas externas, ayudada también del hecho de que su peso propio es bajo y que presentan poca superficie a la acción del viento. Por esa razón el uso de celosía permite realizar, a bajo costo construcciones livianas y de grandes dimensiones.

La Corona de Giro es uno de los elementos mecánicos más importantes de la Grúa-Torre, debido a su capacidad de absorber el momento máximo flector y el propio peso de la estructura superior de la grúa; además hace posible el giro de 360° de la pluma, lo que amplía la versatilidad de este aparato de elevación.

El costo estimativo de la fabricación local de partes y puesta en marcha de la Grúa-Torre propuesta es de 264.616,89 USD aproximadamente VS los 300.000,00 USD más gastos de importación que costaría una Grúa-Torre de similares características, lo que la convierte en una opción más económica.

## RECOMENDACIONES

Para el diseño de elementos mecánicos varios de la grúa-torre se recomienda utilizar el programa *ANSYS* por tratarse de una herramienta versátil de análisis por elementos finitos, teniendo en cuenta la relación entre la calidad del producto y su costo. Además se podría realizar un análisis dinámico y observar de mejor manera los comportamientos sísmicos, armónicos, transitorios lineales o no lineales. En definitiva un software muy completo que presta soporte a la ingeniería a través de la simulación para predecir cómo funcionaría y reaccionarían los componentes estructurales y mecánicos de la Grúa-Torre bajo un entorno virtual.

Para la representación en tercera dimensión se recomienda el paquete software de SolidWorks® que garantiza la calidad y el funcionamiento de los diseños antes de comprometer la fabricación. Las exhaustivas herramientas de análisis le permiten probar digitalmente los modelos para obtener una percepción técnica de gran valor al comienzo del proceso de diseño. Con la información que se obtenga, se podría definir fácilmente los métodos para reducir el peso de la estructura metálica de la Grúa-Torre y el costo de los materiales a utilizar y la factibilidad de

fabricación, optimizar los márgenes y comparar las opciones de diseño para satisfacer totalmente los requerimientos de la Grúa-Torre.

Se recomienda el diseño de un sistema de control y automatización para los movimientos rotacionales y traslacionales de la grúa-torre de tal manera que el proceso de elevación y transporte de carga sea mucho más rápido y fácil, sin dejar a un lado beneficios que se obtendrían en cuanto seguridad y productividad.

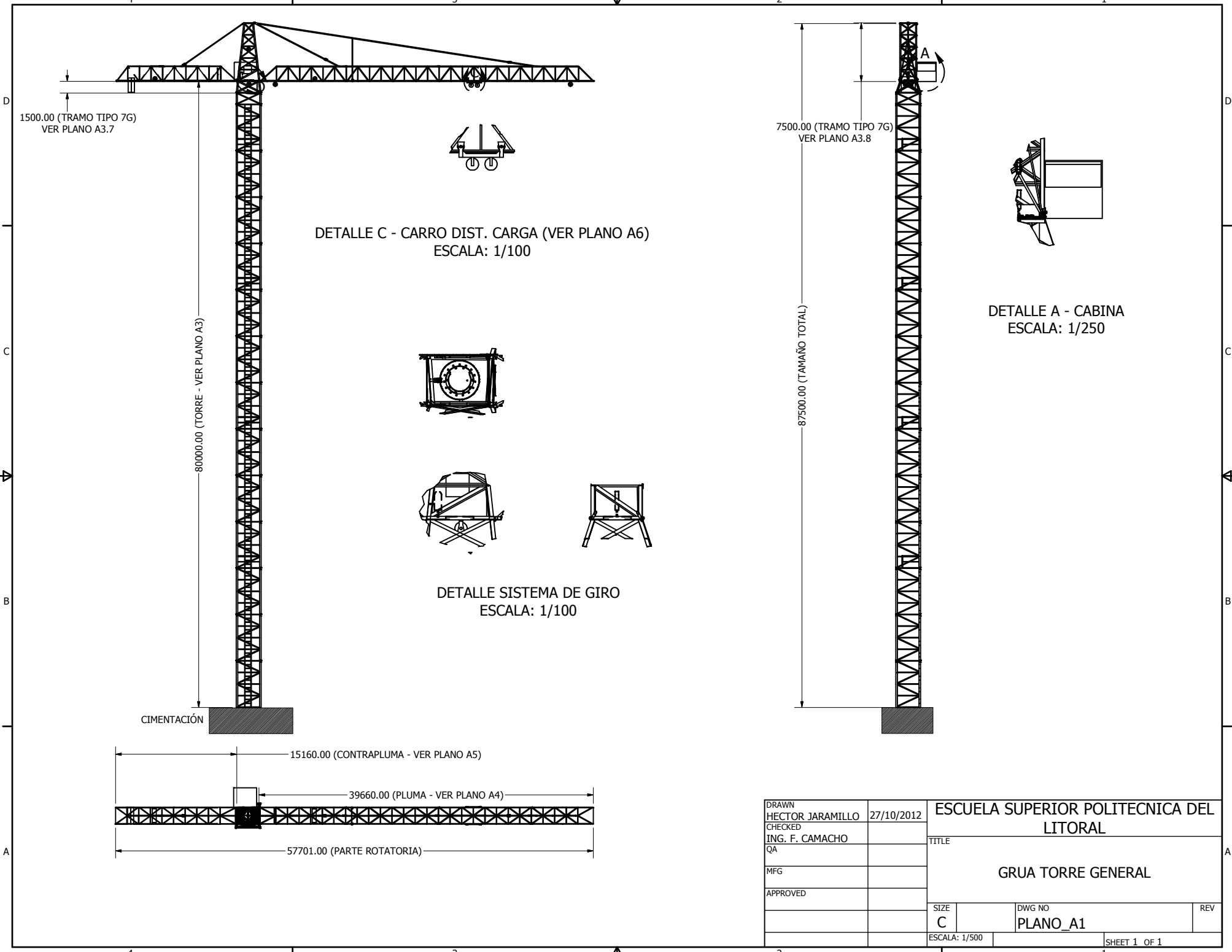
Es necesario realizar un caso de estudio con respecto al diseño de la cimentación de la grúa-torre tal que cumpla con los mínimos requisitos en cuanto a la capacidad portante del terreno y que cumpla con la normativa de hormigón vigente, sin olvidar las reacciones provocadas por el funcionamiento mismo de la grúa-torre y su propio peso, a las cuales estará sometida la cimentación, siendo capaz de resistirlas.

# APÉNDICES

# **APÉNDICE A**

## **PLANOS**





PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

DRAWN	HECTOR JARAMILLO	27/10/2012
CHECKED	ING. F. CAMACHO	
QA		
MFG		
APPROVED		

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
TITLE		
GRUA TORRE GENERAL		
SIZE	DWG NO	REV
C	PLANO_A1	
ESCALA: 1/500		SHEET 1 OF 1

4

3

2

1

D

D

C

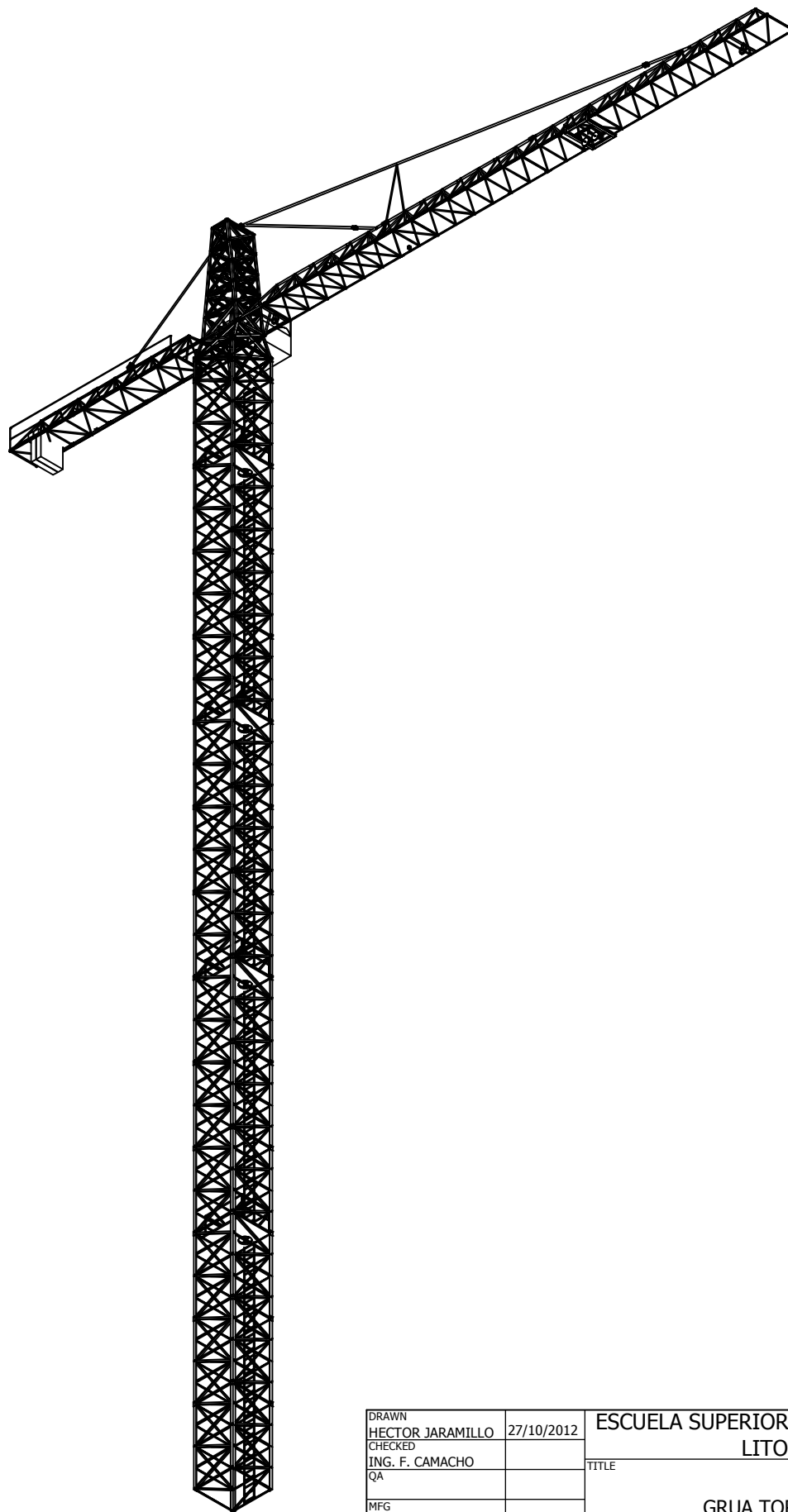
C

B

B

A

A



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

DRAWN HECTOR JARAMILLO		27/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED ING. F. CAMACHO			TITLE	
QA			GRUA TORRE - 3D	
MFG				
APPROVED				
		SIZE C	DWG NO PLANO_A2	REV
		ESCALA: 1/250		SHEET 1 OF 1

4

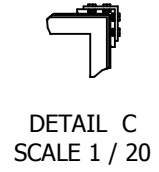
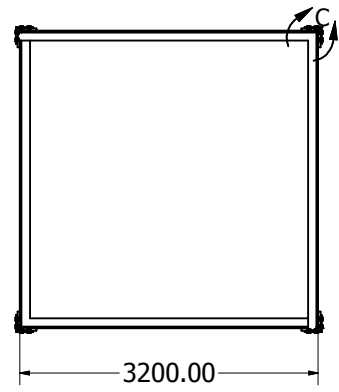
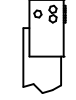
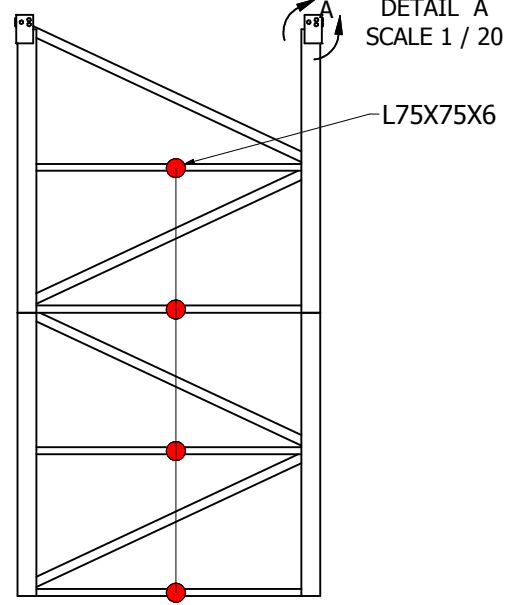
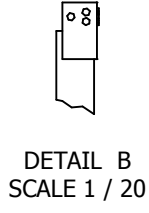
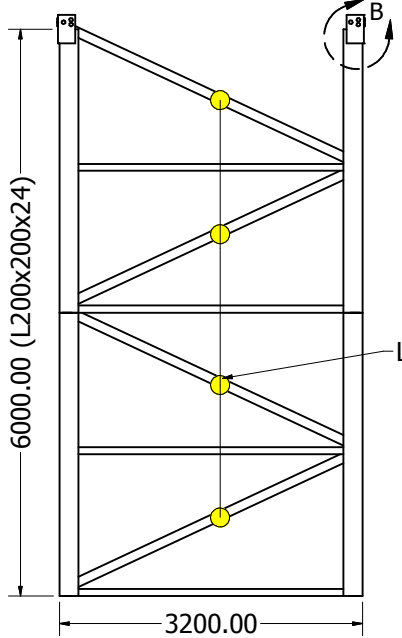
3

2

1

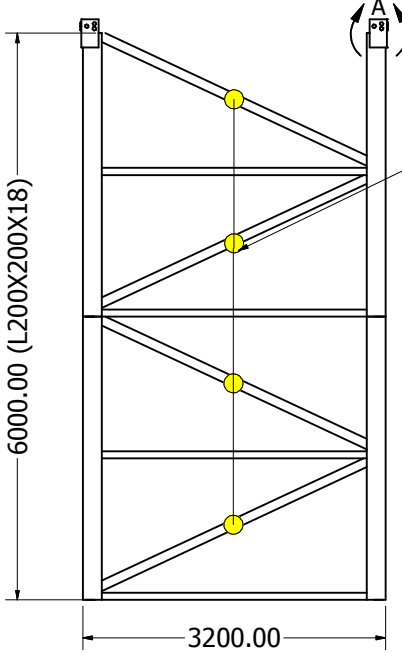


TRAMO TIPO 1 O BASE  
CANTIDAD: 1 UNID  
ESCALA: 1/40

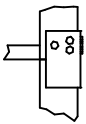


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO 1 O BASE	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A3.1
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

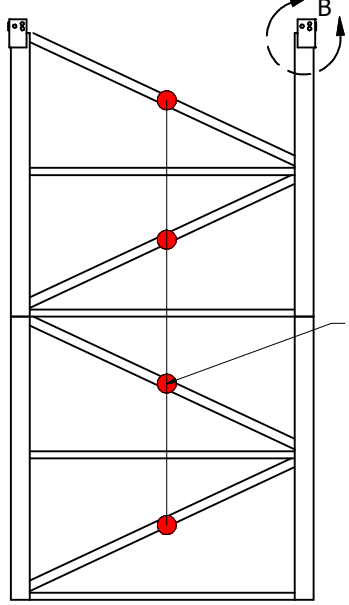
TRAMO TIPO 2  
CANTIDAD: 4 UNID  
ESCALA: 1/40



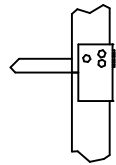
DETAIL A  
SCALE 1 / 20



L100X100X12

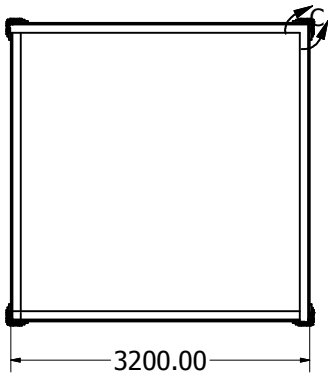


DETAIL B  
SCALE 1 / 20



L75X75X6

DETAIL C  
SCALE 1 / 20



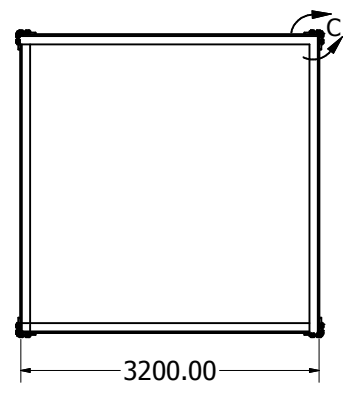
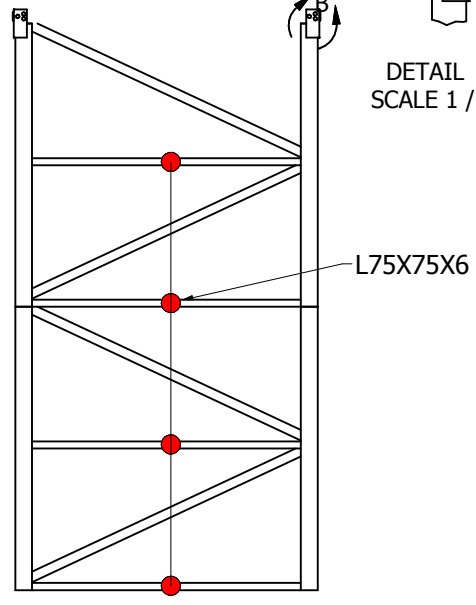
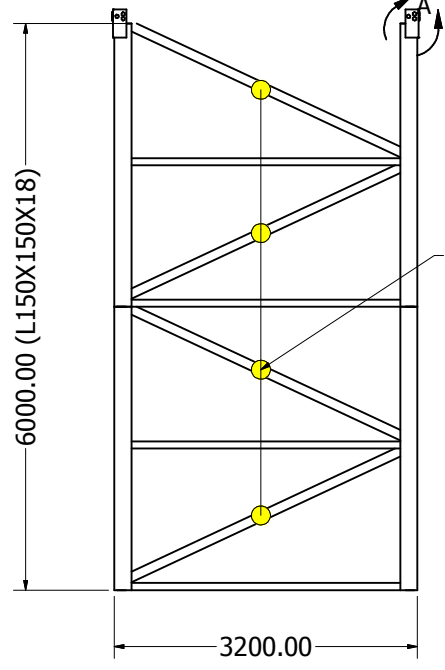
3200.00

DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO 2	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A3.2
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

TRAMO TIPO 3  
CANTIDAD: 2 UNID  
ESCALA : 1/40

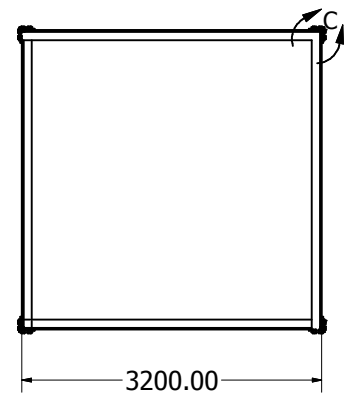
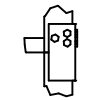
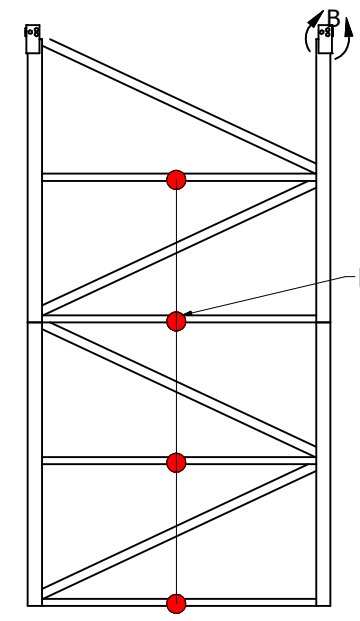
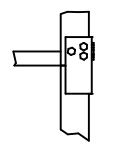
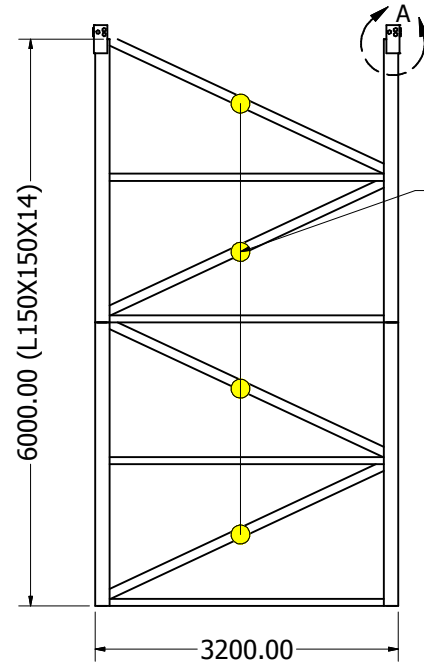


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO	QA	TITLE	
MFG			TRAMO TIPO 3	
APPROVED			SIZE	DWG NO
			C	PLANO_A3.3
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

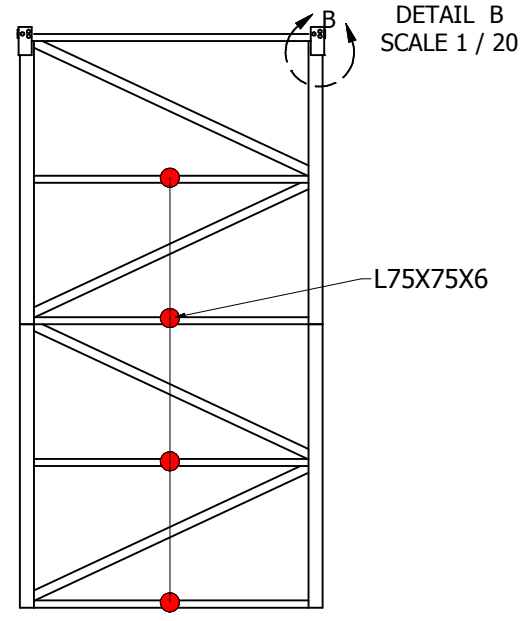
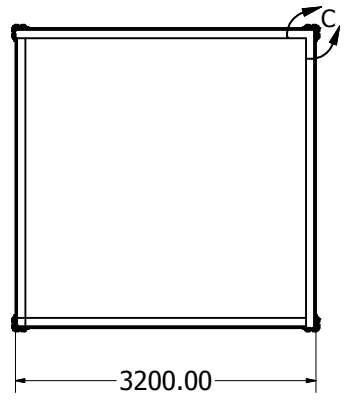
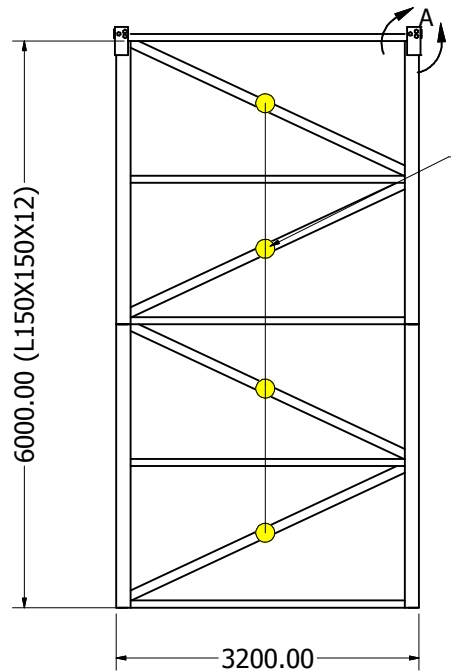
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

TRAMO TIPO 4  
CANTIDAD: 3 UNID  
ESCALA: 1/40



DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO 4	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A3.4
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO 5  
CANTIDAD: 3 UNID  
ESCALA: 1/40



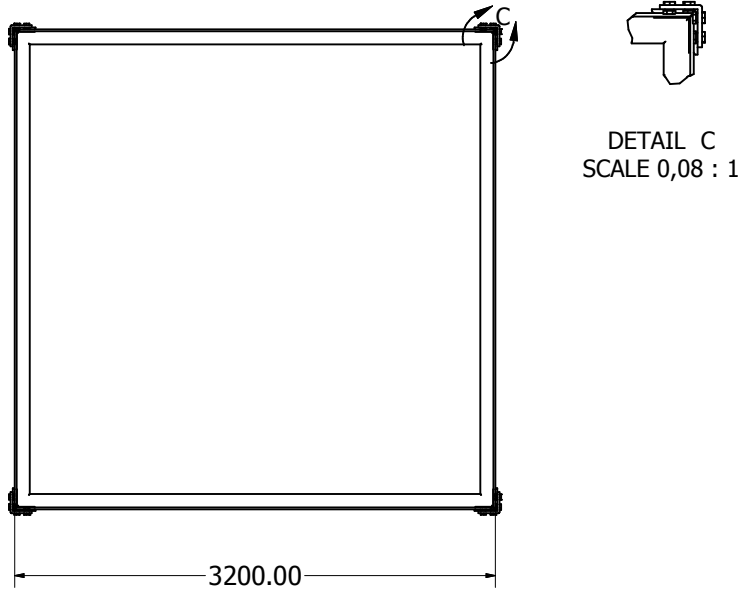
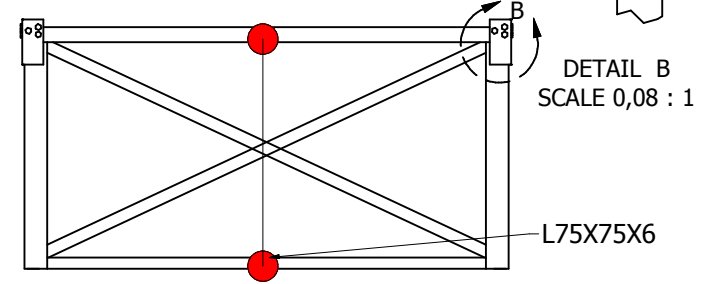
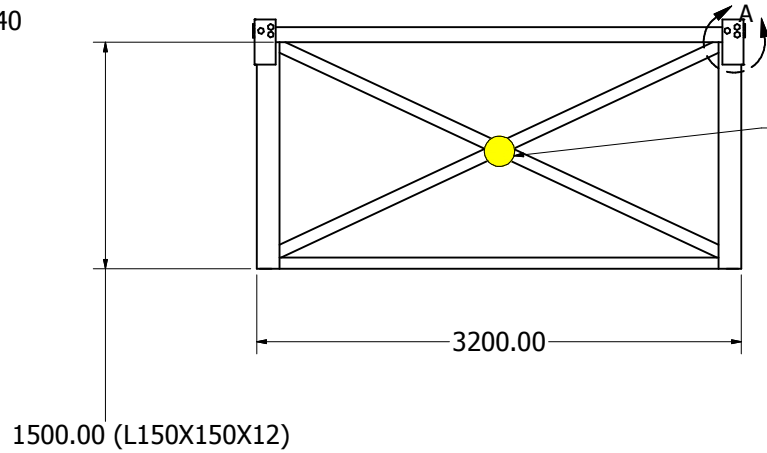
DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITACNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO	QA	TITLE	
MFG			TRAMO TIPO 5	
APPROVED			SIZE	DWG NO
			C	PLANO_A3.5
			ESCALA: 1/40	REV
				SHEET 1 OF 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



TRAMO TIPO 6  
 CANTIDAD: 1 UNID  
 ESCALA: 1/40

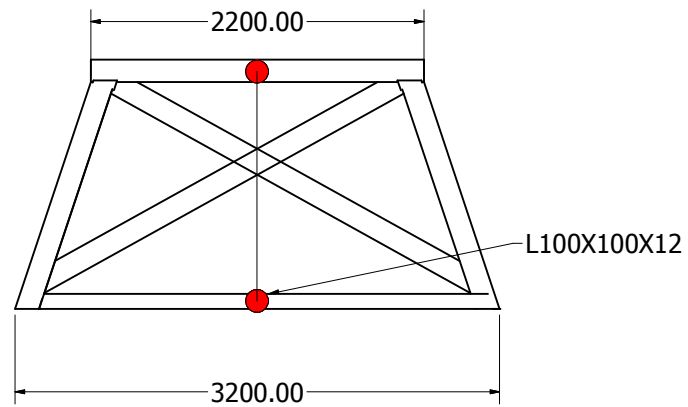
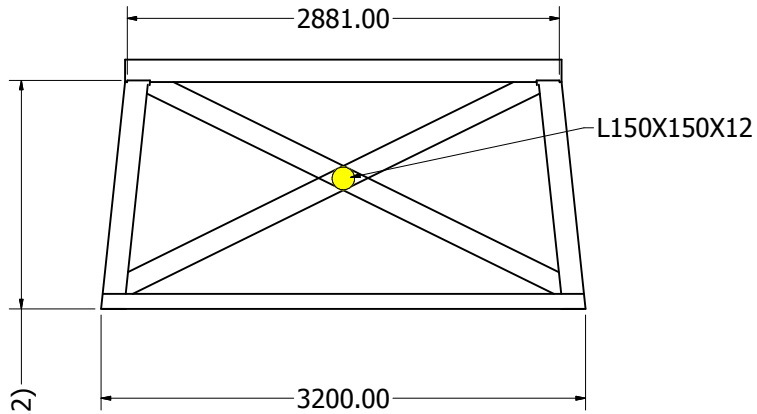


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUÉRIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO 6	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A3.6
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

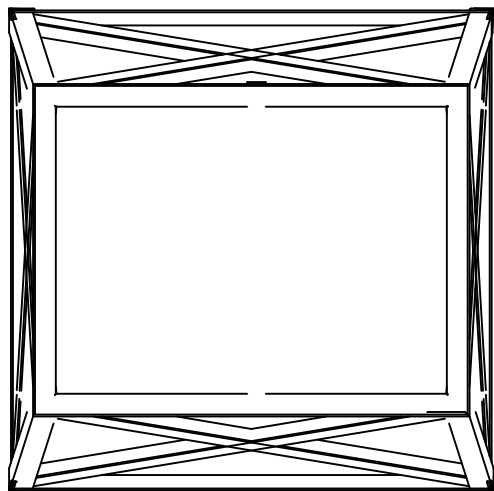
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

TRAMO TIPO 7G  
CANTIDAD: 1 UNID  
ESCALA: 1/40

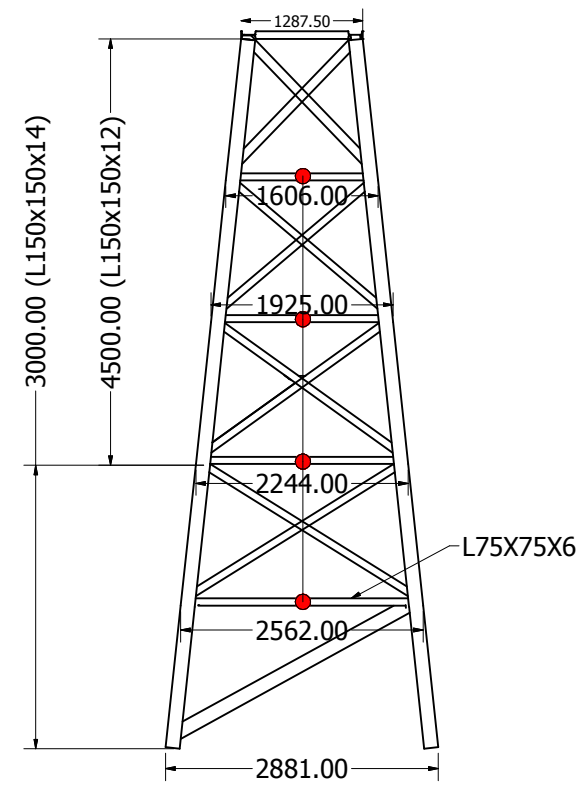
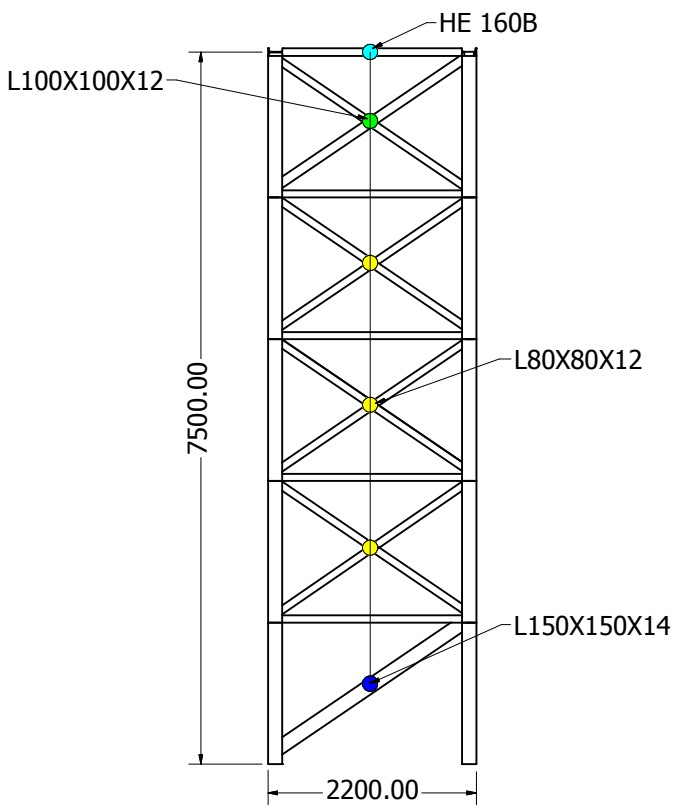


1500.00 (L150X150X12)

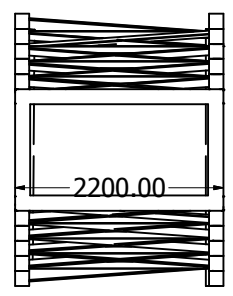


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	10/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO 7G	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A3.7
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO 8CT  
 CANTIDAD: 1 UNID  
 ESCALA: 1/40

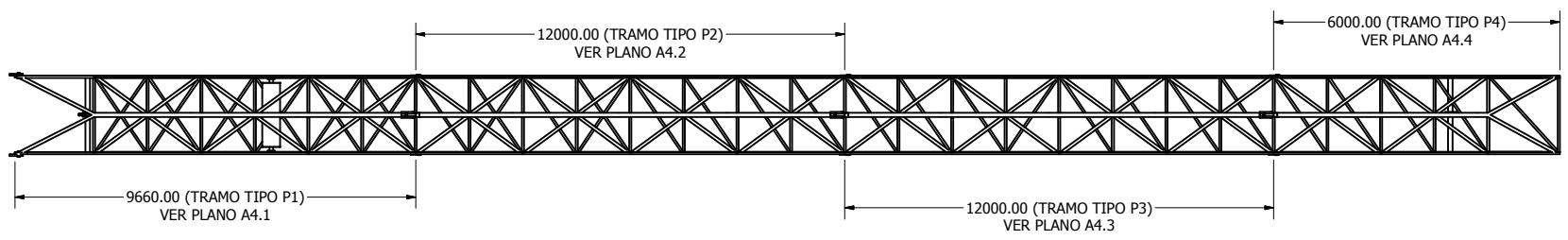
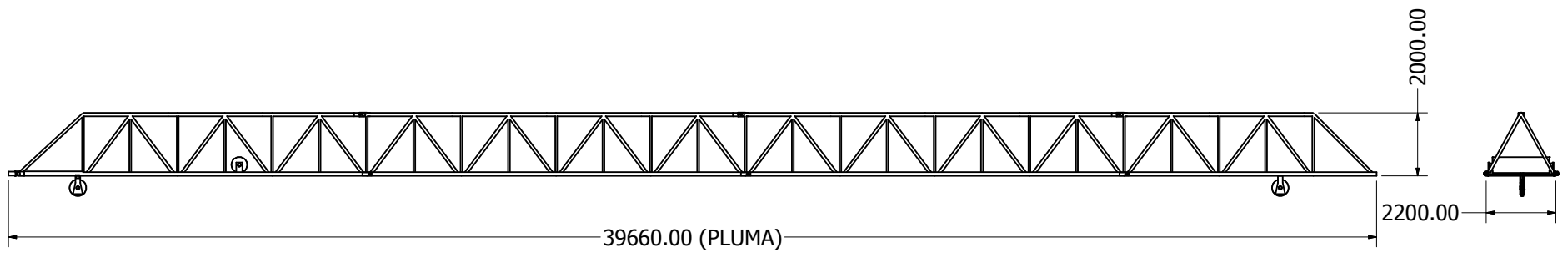


Lista de Materiales		
Perfil	Cantidad [6m]	Peso Total [Tonf]
L100X12	2	0,1486
L150X12	6	0,9426
L150X14	3	0,3793
L75X6	6	0,2353
L80X12	11	0,8446
T4Cd80	1	0,0756
HEB160	1	0,2035
HEB180	1	0,1128
		2,9423



DRAWN HECTOR JARAMILLO	06/08/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
CHECKED ING. F. CAMACHO		TITLE		
QA		TRAMO TIPO 8CT		
MFG		SIZE C	DWG NO PLANO_A3.8	REV
APPROVED		ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1	

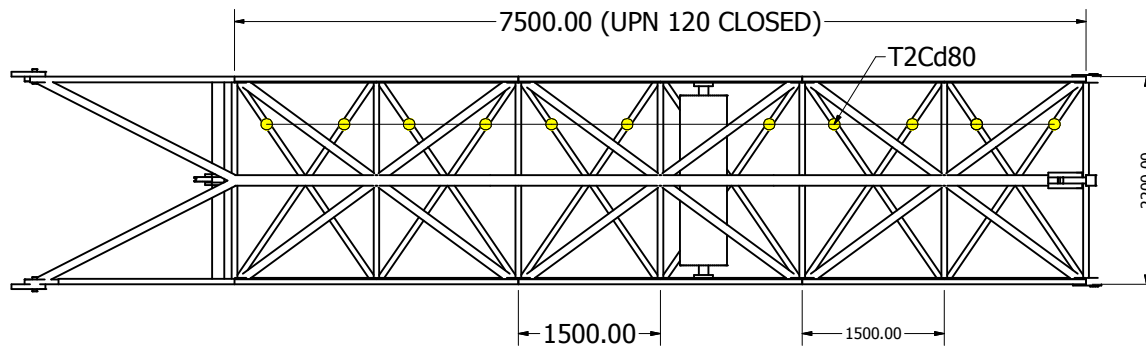
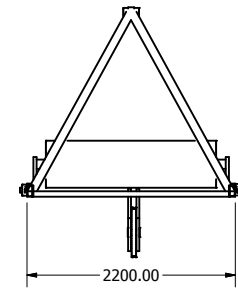
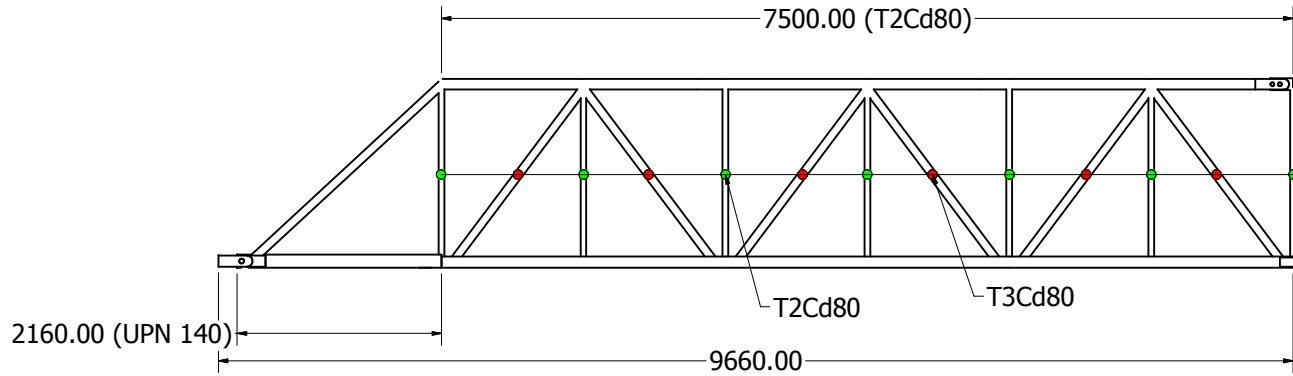
PLUMA  
 CANTIDAD: 1 UNIDAD  
 ESCALA: 1/100



Lista de Materiales		
Perfil	Cantidad [6m]	Peso Total [Tonf]
L150X12	1	0,0601
PL 120	14	0,715
T2Cd80	60	2,5588
T3Cd80	16	1,3655
T4Cd80	2	0,1674
UPN120	14	0,6594
UPN140	1	0,1383
		5,6645

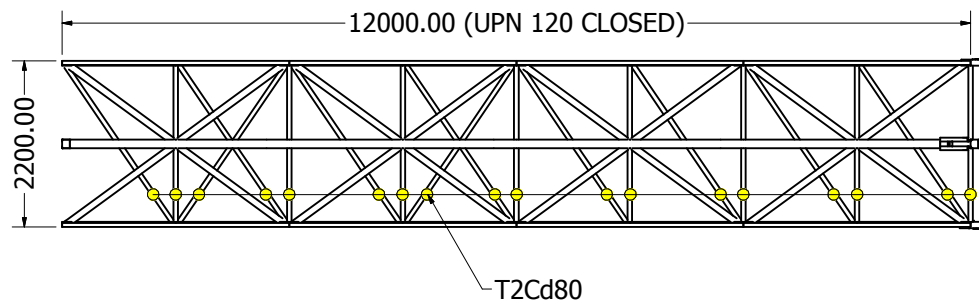
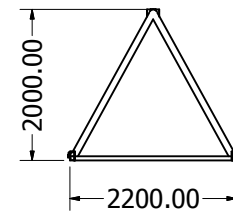
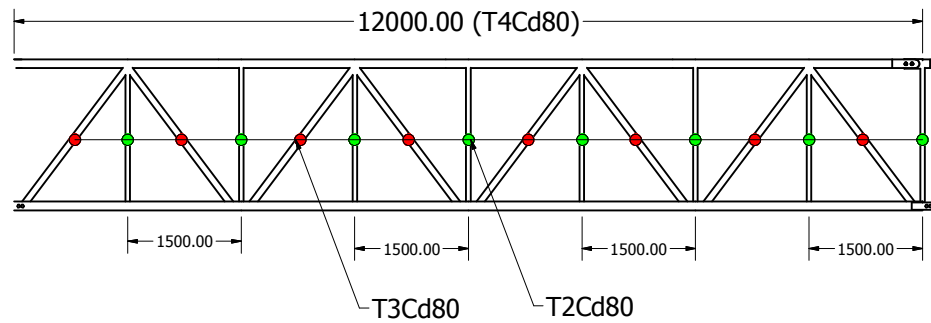
DRAWN HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA		PLUMA	
MFG		SIZE C	DWG NO PLANO_A4
APPROVED		ESCALA: 1/100	REV
		SHEET 1 OF 1	

TRAMO TIPO P1  
 CANTIDAD: 1 UNID.  
 ESCALA: 1/40



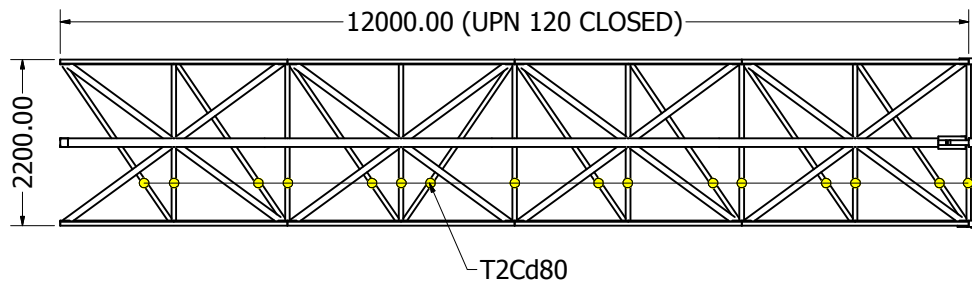
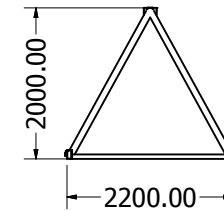
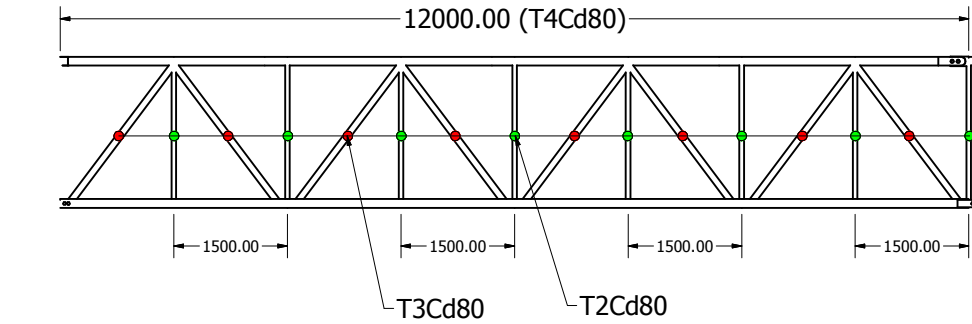
DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO P1	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A4.1
			ESCALA: 1/40	SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO P2  
 CANTIDAD: 1 UNID  
 ESCALA: 1/50



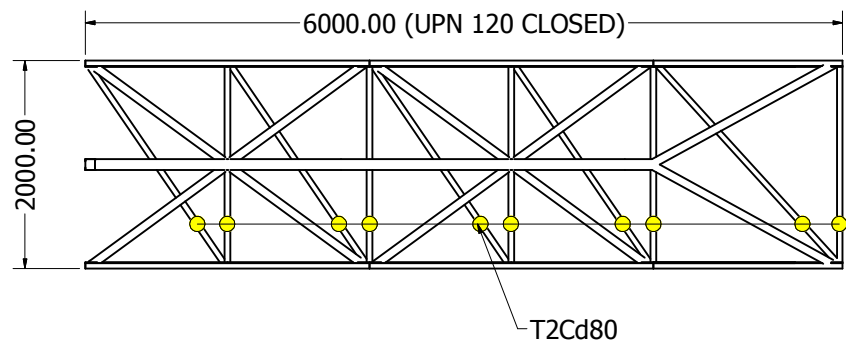
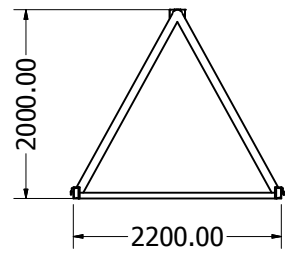
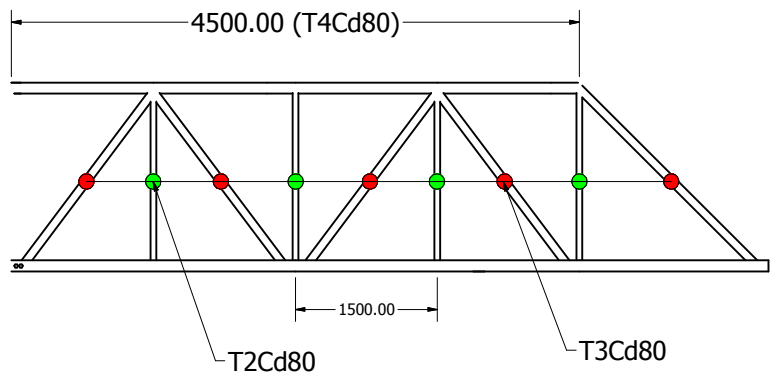
DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO P1	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A4.2
			ESCALA: 1/50	REV
				SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO P3  
CANTIDAD: 1 UNID  
ESCALA: 1/50



DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOIR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO P3	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A4.3
			ESCALA: 1/50	REV
				SHEET 1 OF 1

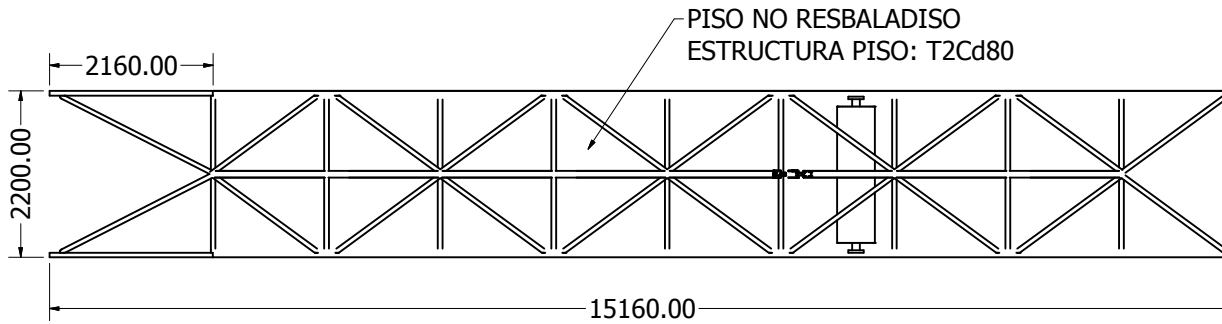
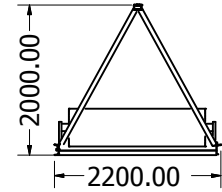
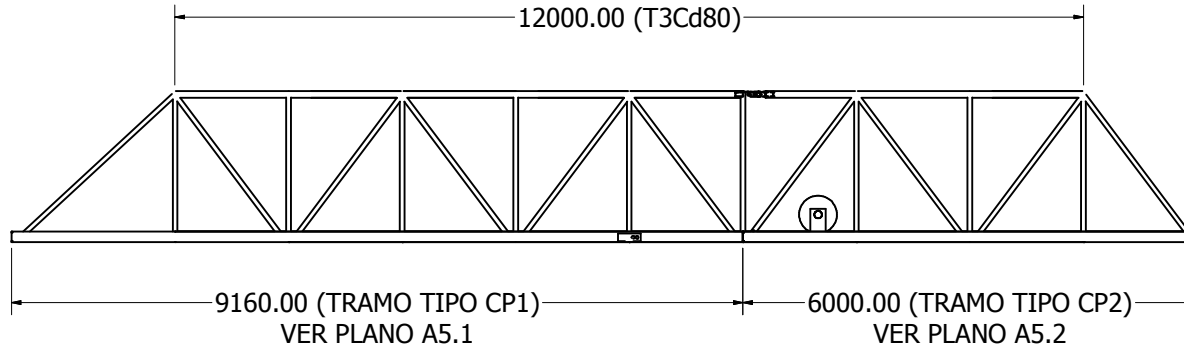
TRAMO TIPO P4  
CANTIDAD: 1 UNID  
ESCALA: 1/40



DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO P4	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A4.4
			ESCALA: 1/40	REV
				SHEET 1 OF 1



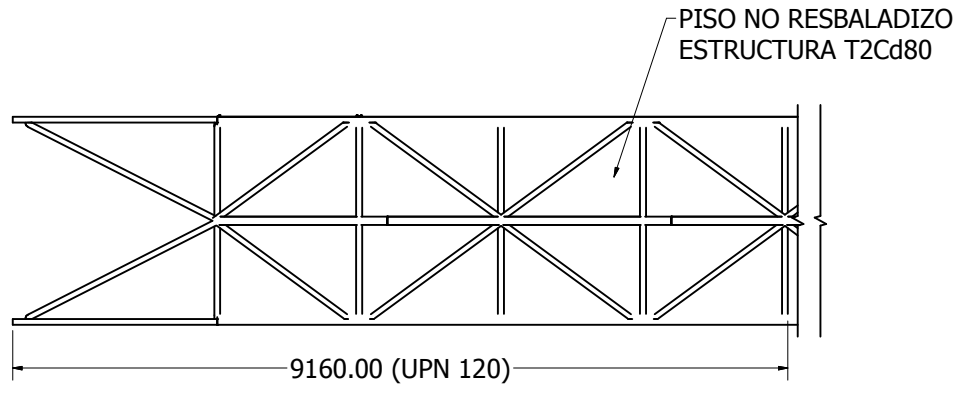
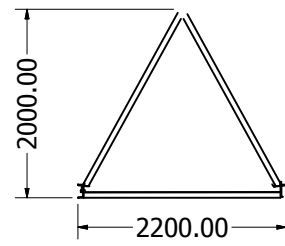
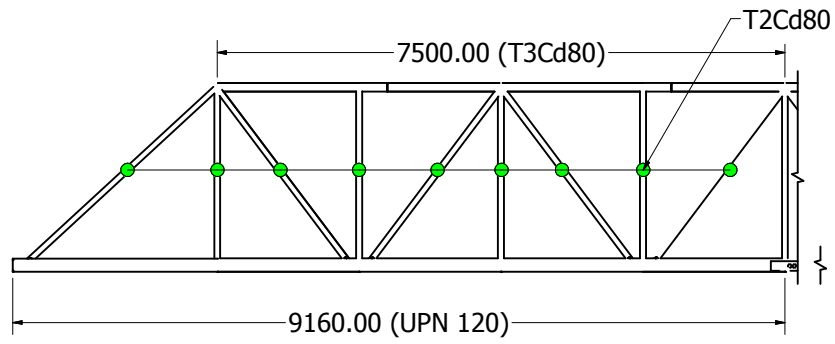
CONTRAPLUMA  
 CANTIDAD: 1 UNIDAD  
 ESCALA: 1/40



Lista de Materiales		
Perfil	Cantidad [6m]	Peso Total [Tonf]
T2Cd80	26	1,122
T3Cd80	3	0,1833
UPN140	6	0,9709
		2,2762

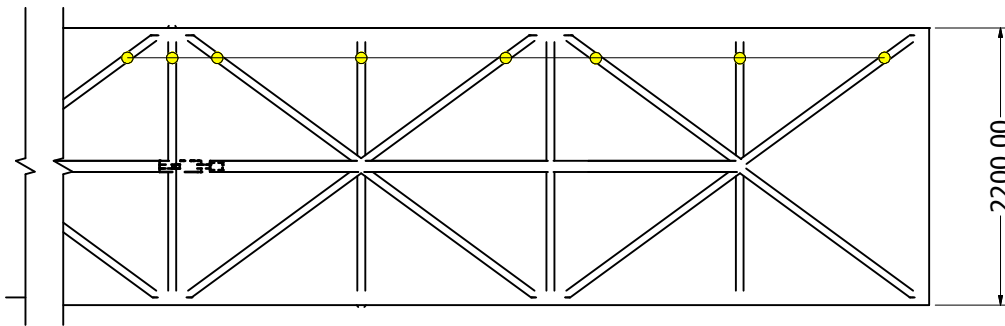
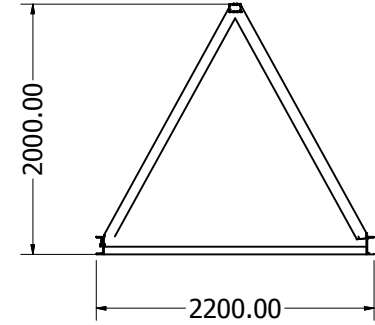
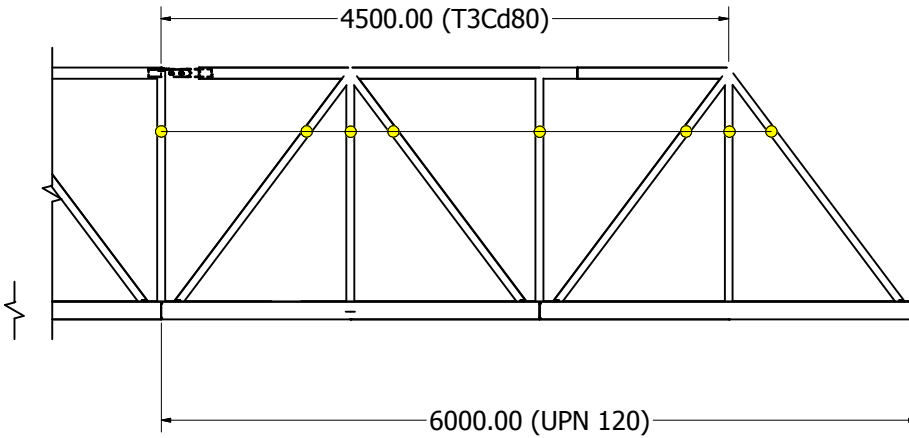
DRAWN HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNIC DEL LITORAL		
CHECKED ING. F. CAMACHO		TITLE		
QA		CONTRAPLUMA		
MFG		SIZE C	DWG NO PLANO_A5	REV
APPROVED		ESCALA: 1/40		SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO CP1  
 CANTIDAD: 1 UNIDAD  
 ESCALA: 1/60

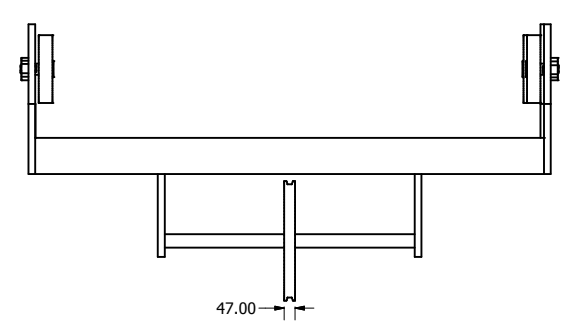
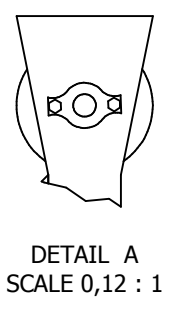
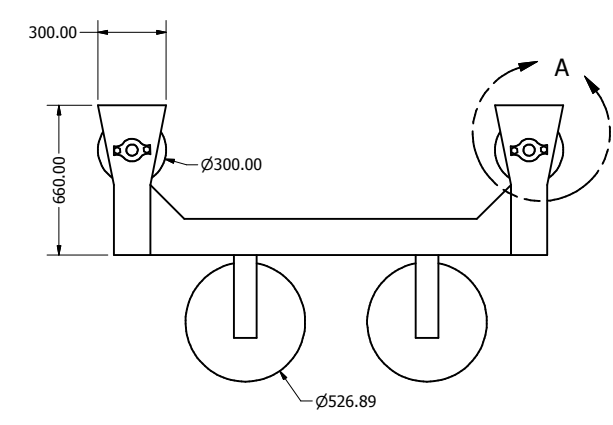
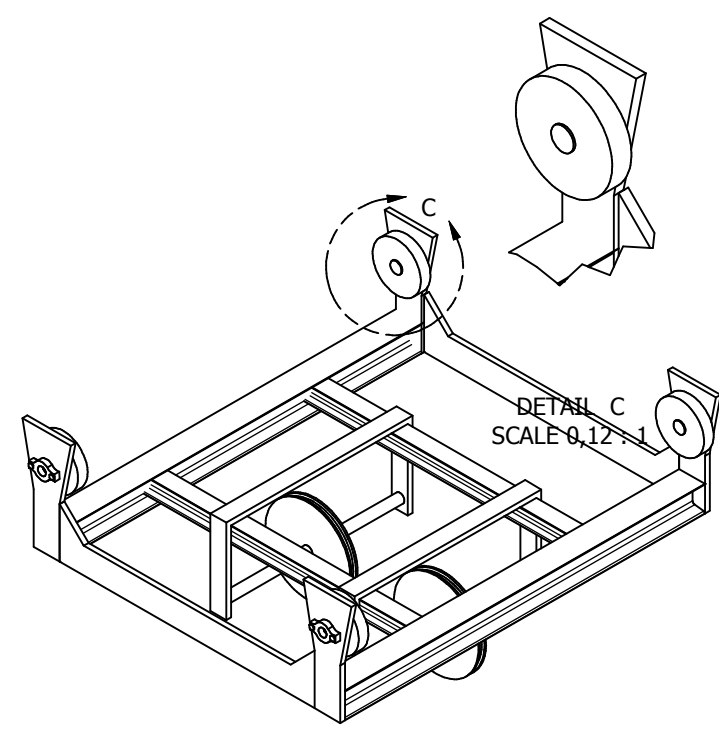
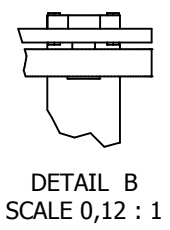
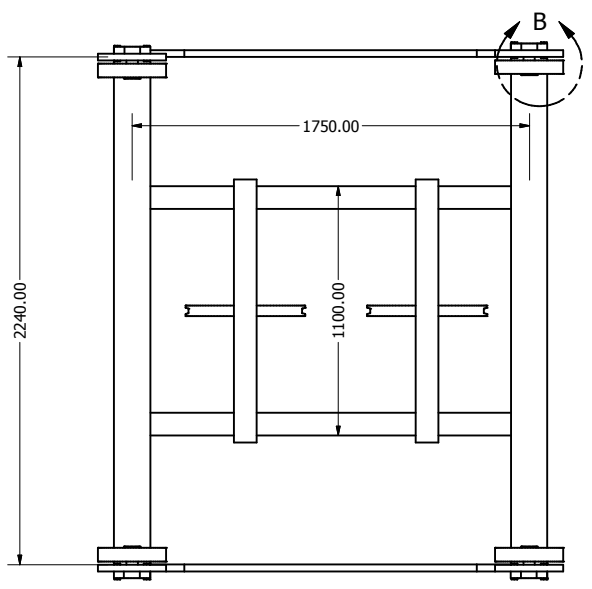


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	08/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			TRAMO TIPO CP1	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A5.1
			ESCALA: 1/60	SHEET 1 OF 1

TRAMO TIPO CP2  
CANTIDAD: 1 UNID  
ESCALA: 1/60

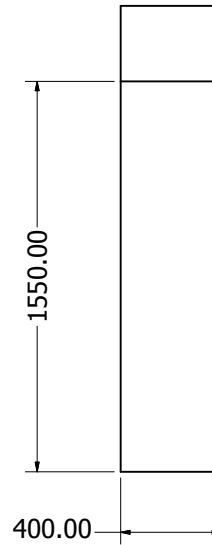
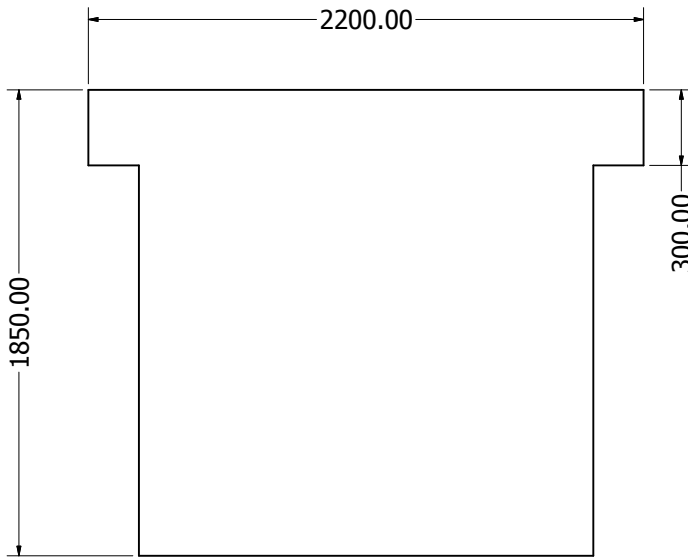
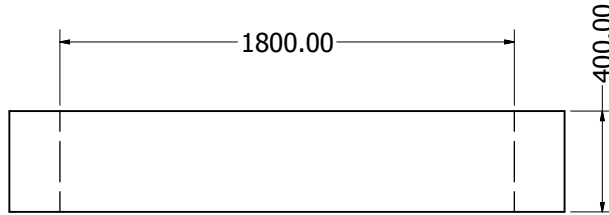


DRAWN HECTOR JARAMILLO	23/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
CHECKED		TITLE		
QA		TRAMO TIPO CP2		
MFG				
APPROVED		SIZE C	DWG NO PLANO_A5.2	REV
ESCALA: 1/30		SHEET 1 OF 1		



DRAWN HECTOR JARAMILLO	06/08/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA		CARRO DISTRIBUIDOR DE CARGA	
MFG		SIZE C	DWG NO PLANO_A6
APPROVED		ESCALA: 1/20	REV
		SHEET 1 OF 1	

CONTRAPESO  
CANTIDAD: 3 UNID  
ESCALA: 1/15

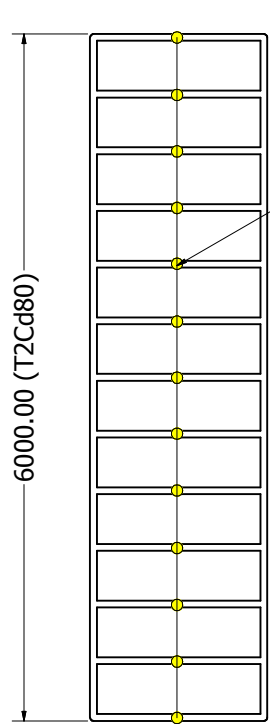


DRAWN	HECTOR JARAMILLO	23/09/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			CONTRAPESO	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A7
			ESCALA: 1/15	SHEET 1 OF 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

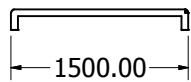
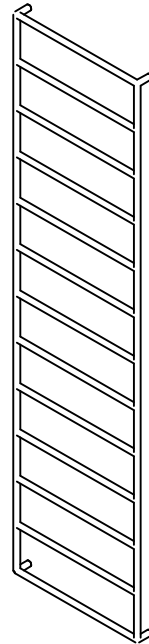
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

ESCALERA  
CANTIDAD: 14 UNID  
ESCALA: 1/30



Tubería d= 1 pulg (ext)

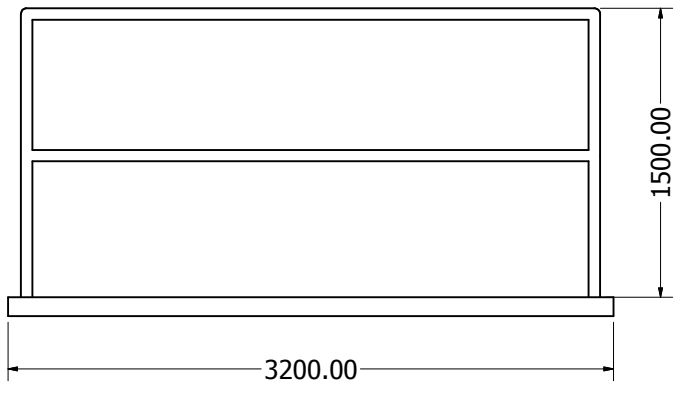
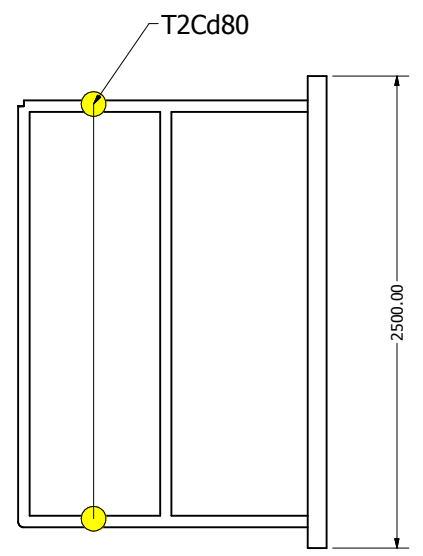
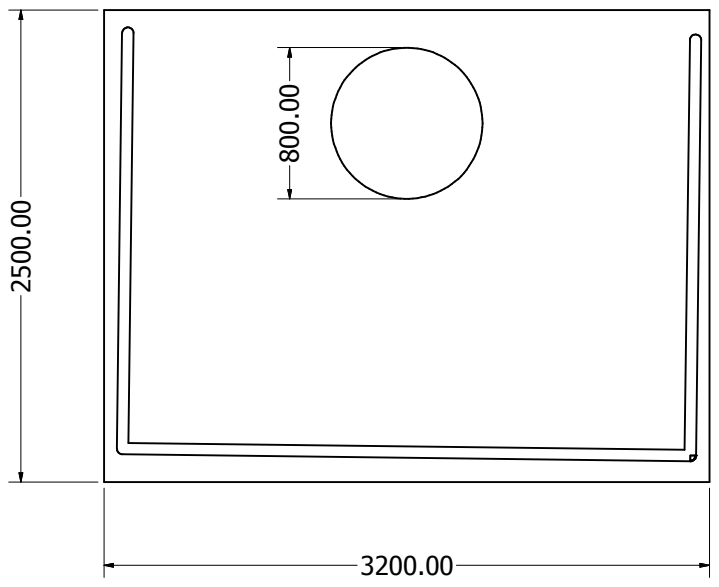
150.00



DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE	
QA			ESCALERA	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			C	PLANO_A8
			ESCALA: 1/30	SHEET 1 OF 1

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



DRAWN	HECTOR JARAMILLO	28/10/2012	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL		
CHECKED	ING. F. CAMACHO		TITLE		
QA			DESCANSO		
MFG			SIZE	DWG NO	REV
APPROVED			C	PLANO_A9	
			ESCALA: 1/30	SHEET 1 OF 1	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT




**APÉNDICE B**

**FÓRMULAS Y DATOS DE**

**SELECCIÓN**



## B1. Cables Normalizados de Acero

Composición del cable	Diámetro del cable	Diámetro de los alambres	Sección total de los alambres	Peso por metro de cable	Resistencia de los alambres kg/mm <sup>2</sup>		
	d mm.	d' mm.	A mm <sup>2</sup>	g kg.	130	160	180
					Resistencia del cable a la rotura kg.		
 6 x 19 = 114 alambres y un alma de cáñamo	6,5	0,4	14,3	0,135	1860	2300	2550
	8	0,5	22,4	0,21	2900	3600	4050
	9,5	0,6	32,2	0,30	4200	5150	5800
	11	0,7	43,9	0,41	5700	7000	7900
	12,5	0,8	57,3	0,54	7450	9150	10300
	14	0,9	72,5	0,68	9450	11600	13050
	16	1,0	89,5	0,85	11650	14300	16100
	17	1,1	108,3	1,02	14100	17350	19500
	19	1,2	128,9	1,22	16750	20600	23200
	20	1,3	151,3	1,43	19650	24200	27250
	22	1,4	175,5	1,66	22800	28050	31600
	 6 x 37 = 222 alambres y un alma de cáñamo	9	0,4	27,9	0,26	3650	4450
10		0,45	35,3	0,34	4600	5650	6350
11		0,5	43,6	0,41	5650	7000	7850
12		0,55	52,7	0,50	6850	8450	9500
13		0,6	62,8	0,59	8150	10050	11300
14		0,65	73,7	0,70	9600	11800	13250
15		0,7	85,4	0,81	11100	13650	15350
16		0,75	98,1	0,93	12750	15700	17650
18		0,8	111,6	1,06	14500	17850	20100
20		0,9	141,2	1,34	18350	22600	25400
22		1,0	174,4	1,65	22650	27900	31400
24		1,1	211,0	2,00	27450	33750	38000
27		1,2	251,1	2,38	32650	40200	45200
29		1,3	294,7	2,80	38300	47150	53050
31		1,4	341,7	3,24	44400	54650	61500
33		1,5	392,3	3,72	51000	62750	70600
35	1,6	446,4	4,24	58050	71400	80350	
37	1,7	503,9	4,78	65500	80600	90700	
40	1,8	564,9	5,36	73450	90400	101700	
42	1,9	629,4	5,97	81800	100700	113300	
44	2,0	697,4	6,62	90650	111600	125550	
 8 x 37 = 296 alambres y un alma de cáñamo	16	0,6	83,7	0,84	10900	13400	15050
	19	0,7	113,9	1,14	14800	18200	20500
	20	0,75	130,8	1,31	17000	20950	23550
	21	0,8	148,8	1,49	19350	23800	26800
	23	0,85	168,0	1,68	21850	26900	30250
	25	0,95	209,8	2,10	27250	33550	37750
	27	1,0	232,5	2,32	30250	37200	44850
	30	1,1	281,3	2,81	36550	45000	50650
	32	1,2	334,8	3,35	43500	53550	60250
	35	1,3	392,9	3,93	51050	62850	70700
	37	1,4	455,7	4,56	59200	72900	82000
	40	1,5	523,1	5,24	68000	83700	94150
	43	1,6	595,1	5,95	77350	95200	107100
	45	1,7	671,9	6,72	87350	107500	120950
	48	1,8	752,2	7,52	97800	120350	135400
	51	1,9	839,2	8,39	109100	134300	151050
54	2,0	929,9	9,30	120900	148800	167400	
58	2,2	1125,1	11,25	146250	180000	202500	

## B2. Factor de carga Rodamiento de Giro

Application	Load factor $f_L$
Aerial platforms	1,33
Carrouseles	2
Cement mixers	1,33
Compactors	2
Concrete pumps	1,5
Handling workshops	1,15
Mobile cranes	1,5
Mini excavators	1,33
Sedimentation tanks	1,25
Service cranes	1,33
Turntables	1,15
Welding positioners	1,15

### B3. Par de apriete y precarga de los pernos de sujeción

Table 1

Tightening torque and preload of attachment bolts			
Attachment bolts/nuts Size <sup>1)</sup>	Tightening torque and assembly preload for bolts to strength grade 10.9 (EN ISO 898)		
	M <sub>k</sub> <sup>2)</sup>	F <sub>k</sub> <sup>3)</sup>	F <sub>k</sub> <sup>4)</sup>
–	Nm	kN	kN
M 6	14	13.2	–
M 8	34	24.2	–
M 10	67	38.5	–
M 12	115	56	–
M 14	185	77	–
M 16	285	106	–
M 18	395	129	–
M 20	560	166	–
M 22	770	208	–
M 24	970	239	283
M 27	1 420	315	372
M 30	1 930	385	454
M 33	2 630	480	564
M 36	3 380	560	664

<sup>1)</sup> ISO general purpose metric threads (DIN 13-1)  
<sup>2)</sup> Tightening torque for coefficient of friction in the bolt head/nut contact surface and the thread  $\mu_k-\mu_c = 0,14$ . In case of different friction coefficients the tightening torque should be adjusted accordingly  
<sup>3)</sup> Bolt preload corresponding to coefficient of friction in the thread  $\mu_c = 0,14$   
<sup>4)</sup> Bolt preload to 90% of the yield point stress. For torsion free tightening, use an HYDROCAM bolt tensioner

## B4. Selección del Rodamiento de Giro

The size of a slewing bearing can be based initially on the dynamic and static load ratings of the bearing, in relation to the applied loads and the requirements regarding reliability and service life. Values for the axial dynamic load rating  $C$  and axial static load rating  $C_0$  are quoted in the product tables.

When determining the most efficient and economical slewing bearing for a specific application, SKF recommends taking the following into consideration:

- loads acting on the bearing
- frequency of oscillating movements
- type of application
- bearing size most suitable for the application
- torque applied to the gear

*Load distribution scheme*

If it is necessary to calculate the basic rating life<sup>1)</sup>, contact the SKF application engineering service. SKF also recommends confirming the results by contacting the application engineering service once calculations and the selection process are complete.

<sup>1)</sup> The basic rating life is the result of a calculation that indicates the time a bearing can operate before the first sign of metal fatigue occurs on one of its rings or rolling elements.

### Determining bearing loads

The loads and moments acting on a slewing bearing from the inherent weight of the components that it carries, and the other inertia forces, are either known or can be calculated. Assuming the conditions cited in fig. 1, the resulting loads and moments applied to the bearing can be estimated, using the following equations:

$$F_a = G_4 + G_1 + G_2 + G_3$$

$$M_b = G_4 \times L + F_r \times H + G_3 \times L_3 - G_1 \times L_1 - G_2 \times L_2$$

where

$F_a$  = resulting axial load applied to the bearing, kN

$F_r$  = external radial load applied to the bearing, e.g. work/wind force, kN

$G_1$  = weight fraction 1, e.g. the counterweight, kN

$G_2$  = weight fraction 2, e.g. the weight of the cabin, kN



- $G_3$  = weight fraction 3, e.g. the weight of the boom, kN
- $H_1$  = distance from the bearing centre point to the line of action of the radial force  $F_r$ , m
- $L$  = distance from the centre of rotation to the centre of the lifting load, m
- $L_1$  = distance from the centre of rotation to the centre of gravity of the weight fraction 1, m
- $L_2$  = distance from the centre of rotation to the centre of gravity of the weight fraction 2, m
- $L_3$  = distance from the centre of rotation to the centre of gravity of the weight fraction 3, m
- $M_t$  = resulting tilting moment acting on the bearing, kNm
- $Q_a$  = lifting load, kN

In applications where the working radii  $L$  and  $L_1$  for the lifting load and the adjustable boom vary, the maximum working radii have to be used to calculate the maximum tilting moment  $M_t$  acting on the bearing.

External radial loads  $F_r$  may be neglected as long as they are  $\leq 5\%$  of the axial load. If these radial loads are acting at any point other than the plane of the bearing, the resulting tilting moment should be calculated and taken into consideration. If the radial loads exceed the ratio  $F_r/F_a = 0,6$ , it is advisable to contact the SKF application engineering service.

## Determining bearing size

When determining bearing size using the static limiting load diagrams, additional forces should be taken into account. Which forces to consider depend on the type and mode of operation of the machine and operational requirements regarding service life and reliability. This is done by multiplying the resulting axial load and tilting moment by a load factor  $f_l$  as listed in **table 1**:

$$F_{ar} = f_l \times F_a$$

$$M_{at} = f_l \times M_t$$

where

$F_{ar}$  = maximum rated axial load, kN

$F_a$  = resulting axial load applied to the bearing, kN

$M_{at}$  = maximum rated tilting moment, kNm

$M_t$  = resulting tilting moment acting on the bearing, kNm

$f_l$  = load factor ( $\rightarrow$  **table 1**)

Using the calculated values for the maximum rated axial load  $F_{ar}$  and the maximum rated tilting moment  $M_{at}$ , the requisite slewing bearing size can be obtained from the appropriate static limiting load diagram, shown together with the slewing bearings in the product tables. Each diagram contains two curves per bearing; the solid line shows the raceway capacity and the dotted line shows the bolting capacity ( $\rightarrow$  **fig. 2**). The points, where the plotlines of rated axial load  $F_{ar}$  and the rated tilting moment  $M_{at}$  intersect, must always be below the capacity curves, i.e. inside the green zone. If the points of inter-

section (red) are above the capacity curves, the bearing is not suitable for the application.

## Raceway capacity

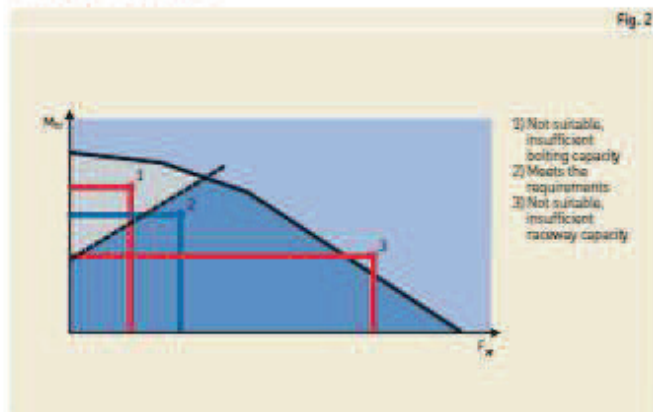
The raceway capacity is defined as the maximum static load that can be accommodated by the slewing bearing without detrimental effects on its running behaviour.

## Bolting capacity

Bolting capacity applies to the supported bearing and the number of 10.9 strength grade (EN ISO 898) nuts and bolts used to anchor the bearing to its support surface. For these capacities to be valid, the threads of all bolts and nuts must be coated with a thin layer of light oil and tightened according to the recommended values in **table 1** "Tightening torque and preload of attachment bolts" on **page 22**.

*Note:* All basic load ratings and capacity data specified in this catalogue are valid for supported slewing bearings. In the case of suspended bearing arrangements, contact the SKF application engineering service.

Raceway and bolting capacity



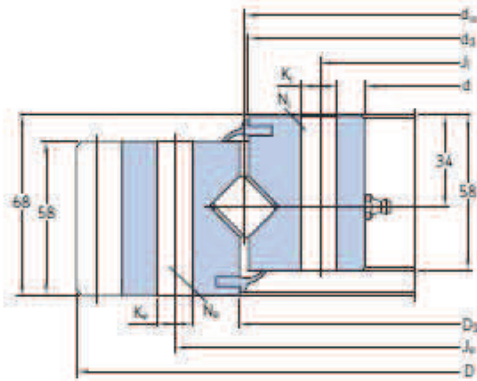
- 1) Not suitable, insufficient bolting capacity
- 2) Meets the requirements
- 3) Not suitable, insufficient raceway capacity

Table 1

Application	Load factor $f_l$
Aerial platforms	1,33
Carousels	2
Cement mixers	1,33
Compactors	2
Concrete pumps	1,5
Handling workshops	1,15
Mobile cranes	1,5
Mini excavators	1,33
Sedimentation tanks	1,25
Service cranes	1,33
Turntables	1,15
Welding positioners	1,15

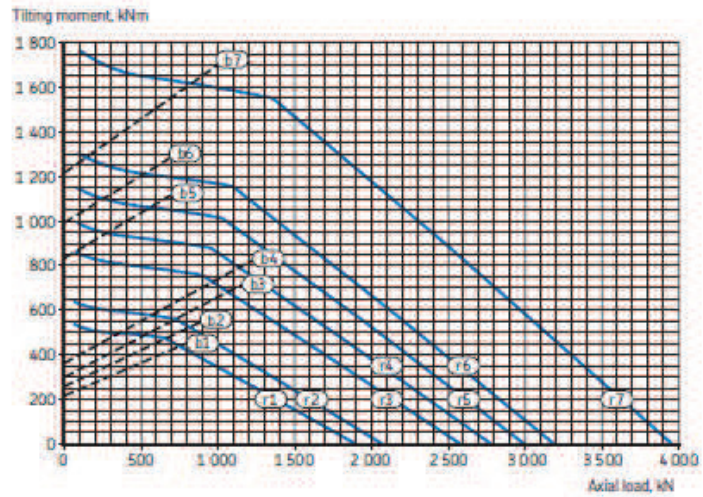
## B5. Dimensiones del Rodamiento de Giro

Medium size crossed cylindrical roller slewing bearings with an external gear  
 $d_m$  1 204 – 1 904 mm



Dimensions					Attachment bolt holes			Inner ring			Mass	Designation
$d_m$	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$J_1$	$K_1$	$N_1$	$J_2$	$K_2$	$N_2$	kg	
mm					mm	—	mm	—	kg	—		
1 204	1 338	1 206	1 119	1 202	1 257	16	45	1 151	16	45	155	RKS.161.16.1204
1 314	1 448	1 317	1 229	1 312	1 367	16	50	1 261	16	50	168	RKS.161.16.1314
1 424	1 558	1 427	1 339	1 422	1 477	16	54	1 371	16	54	182	RKS.161.16.1424
1 534	1 668	1 537	1 449	1 532	1 587	16	60	1 481	16	60	195	RKS.161.16.1534
1 644	1 791	1 647	1 536	1 642	1 708	22	54	1 580	22	54	242	RKS.161.16.1644
1 754	1 901	1 757	1 646	1 752	1 818	22	60	1 690	22	60	258	RKS.161.16.1754
1 904	2 073,4	1 907	1 796	1 902	1 968	22	64	1 840	22	64	305	RKS.161.20.1904

## B6. Momento Flector y Carga Axial de Rodamiento de Giro



Designation	Gear Dimensions					Permissible tooth forces		Basic load ratings		Static limiting load diagram	
	$d_0^{(1)}$	m	$x$	$x-m$	$k-m$	$T_{\text{thermal}}^{(2)}$	$T_{\text{max}}$	axial dynamic C	static $C_0$	Raceway curves	Bolt curves
—	mm	—	mm	—	mm	kN	kN	kN	kN	—	—
RKS.161.16.1204	1 310	10	131	+0,5	-1	45	130	402	1 900	r1	b1
RKS.161.16.1314	1 420	10	142	+0,5	-1	45	130	421	2 070	r2	b2
RKS.161.16.1424	1 530	10	153	+0,5	-1	45	130	439	2 580	r3	b3
RKS.161.16.1534	1 640	10	164	+0,5	-1	45	130	456	2 770	r4	b4
RKS.161.16.1644	1 760	10	176	+0,65	-1	45	130	475	2 990	r5	b5
RKS.161.16.1754	1 870	10	187	+0,65	-1	45	130	491	3 180	r6	b6
RKS.161.20.1904	2 030	14	145	+0,65	-1,4	62	181	644	3 950	r7	b7



## B7. Guía de Selección de Motor de Alta Eficiencia

### Value Line™ High Efficiency Selection Guide

HP	RPM	Volts	Frame	FLA @ 460	NEMA Code	Down Thrust	Nom. LRA	Nom. Eff	Cat No.	Norm Sbk	Wt. (lbs)	CD Dim. (in.)	AG Dim. (in.)	Notes
5	3600	230/460	L213TP10	6.2	J	1900	39	85.5	V3109	Y	220	20.25	24.62	111
5	1800	230/460	L213TP10	6.4	J	2400	61	87.1	V3616	Y	220	20.25	24.62	51, 111
7.5	3600	230/460	L213TP10	9.2	J	1900	70	87.1	V3108	Y	220	20.25	24.62	111
7.5	1800	230/460	L213TP10	9.5	H	2400	61	88.5	V3615	Y	220	20.25	24.62	51, 111
10	3600	230/460	L213TP10	12.3	J	1900	92	88.5	V3107	Y	220	20.25	24.62	111
10	1800	230/460	L215TP10	12.3	H	2350	76	89.5	V3641	Y	220	20.25	24.62	51, 111
10	1200	230/460	L256TP12	13.1	H	1750	88	90.2	V3178	Y	370	23.38	27.85	111
15	3600	230/460	L215TP10	18.3	H	1850	127	89.8	V3139	Y	220	20.25	24.62	111
15	1800	230/460	L254TP10	18.4	G	1750	111	91.0	V3658	Y	340	23.38	27.85	51, 111
15	1200	230/460	L284TP12	18.8	H	1700	124	90.2	V3191	Y	507	24.75	29.25	111
20	3600	230/460	L254TP10	22.7	G	2600	131	90.2	V3157	Y	340	23.38	27.85	111
20	1800	230/460	L256TP12	24.6	G	1250	136	91.0	V3674	Y	370	23.38	27.85	51, 111
25	3600	230/460	L256TP12	27.8	G	2600	179	91.0	V3171	Y	370	23.38	27.85	111
25	1800	230/460	L284TP12	30.6	G	3200	148	91.7	V3689	Y	507	24.75	29.25	51, 111
25	1200	230/460	L286TP16	30.6	G	3200	148	91.7	V3690	Y	507	24.75	29.25	51, 111
30	3600	230/460	L284TP12	34.5	G	2600	187	91.0	V3188	Y	507	24.75	29.25	111
30	1800	230/460	L286TP12	36.2	G	3150	179	92.4	V3698	Y	507	24.75	29.25	51, 111
30	1200	230/460	L286TP16	36.2	G	3150	179	92.4	V3699	Y	507	24.75	29.25	51, 111
30	1200	230/460	L326TP16	37.3	G	4550	218	92.4	V3423	Y	855	28.22	32.72	111
40	3600	230/460	L286TP12	41.9	G	2500	238	91.7	V3197	Y	507	24.75	29.25	111
40	1800	230/460	L324TP16	47.4	G	3700	297	93.0	V3611	Y	760	28.22	32.72	51, 111
40	1200	230/460	L324TP16	47.4	G	3700	297	93.0	V3609	Y	760	28.22	32.72	51, 111
40	1800	460 PWS	L324TP16	47.4	G	3700	297	93.0	V3610	Y	760	28.22	32.72	51, 110
40	1200	230/460	L364TP16	48.1	G	4450	304	93.0	V3435	Y	1102	31.36	35.95	111
50	3600	230/460	L324TP12	56.9	H	4550	414	92.4	V3407	Y	790	28.22	32.72	111
50	3600	230/460	L324TP16	56.9	H	4550	414	92.4	V3408	Y	760	28.22	32.72	111
50	1800	230/460	L326TP12	59.6	G	5650	376	93.0	V3622	Y	760	28.22	32.72	51, 111
50	1800	230/460	L326TP16	59.6	G	5650	376	93.0	V3620	Y	760	28.22	32.72	51, 111
50	1800	460 PWS	L326TP16	59.6	G	5650	376	93.0	V3621	Y	760	28.22	32.72	51, 111
60	3600	460 PWS	L326TP16	68.6	H	4500	520	92.4	V3551	Y	760	28.22	32.72	110

#### Notes

HP's following the voltage denotes motor is PWS-winding stat.

41 Spare Resistor, 114/4/6/16

110 Usable on 180 volts, 50Hz at 1.0 Service Factor and derated to next lower HP

111 Usable on 180/200 volts, 50Hz at 1.0 Service Factor and derated to next lower HP

117 3500R-5000R range only. Premium Efficiency. Type K3 motor with Ruff color epoxy-coated parts and 200°C winding thermosets. Self-Release and Non-Reverse Couplings available.



### B8. Tabla de Potencias Mecánicas para Motoreductor Tipo Corona-Sinfín

para clase de servicio 1 (8-10 hrs./día sin sobrecargas) for uniform load (8-10 hour/day)							
Velocidad de salida Output speed (rpm)	Velocidad de entrada Input speed (rpm)	Relación nominal Ratio	Rendimiento teórico Efficiency	B50 Potencia Input power (CV)	B63 Potencia Input power (CV)	B75 Potencia Input power (CV)	B100 Potencia Input power (CV)
180	1800	10	0.86	1.46	2.36	4.29	7.43
150	1500			1.34	2.20	4.00	6.64
120	1200			1.19	1.99	3.64	6.19
100	1000			1.06	1.80	3.32	5.93
90	900			0.99	1.69	3.13	5.63
75	750			0.87	1.51	2.79	5.13
50	500			0.64	1.13	2.11	4.23
30	300			0.42	0.75	1.40	2.94
10	100			0.16	0.28	0.53	1.18
90	1800			20	0.79	0.97	1.50
75	1500	0.90	1.47			2.64	4.64
60	1200	0.80	1.32			2.40	4.11
50	1000	0.72	1.20			2.18	3.79
45	900	0.67	1.12			2.06	3.61
38	750	0.59	1.00			1.83	3.23
25	500	0.44	0.75			1.39	2.53
15	300	0.29	0.50			0.93	1.73
5	100	0.11	0.19			0.36	0.68
60	1800	30	0.67			0.73	0.99
50	1500			0.68	0.94	1.82	3.07
40	1200			0.61	0.86	1.67	2.86
33	1000			0.55	0.79	1.54	2.67
28	900			0.52	0.74	1.46	2.55
25	750			0.46	0.67	1.32	2.34
17	500			0.35	0.52	1.02	1.83
10	300			0.23	0.35	0.69	1.30
3	100			0.09	0.14	0.28	0.53
45	1800			40	0.66	0.58	0.89
38	1500	0.54	0.83			1.46	2.54
30	1200	0.48	0.75			1.33	2.37
25	1000	0.44	0.68			1.24	2.22
22	900	0.42	0.65			1.18	2.12
19	750	0.37	0.58			1.07	1.93
13	500	0.28	0.44			0.82	1.55
8	300	0.19	0.30			0.57	1.09
2.5	100	0.08	0.12			0.23	0.45
26	1800	50	0.60			0.46	0.73
20	1500			0.40	0.71	1.26	2.05
16	1200			0.39	0.65	1.15	1.92
13	1000			0.36	0.59	1.08	1.79
11	900			0.34	0.56	1.00	1.71
10	750			0.31	0.51	0.91	1.56
10	500			0.24	0.39	0.70	1.24
6	300			0.16	0.27	0.48	0.87
2	100			0.07	0.11	0.19	0.36

## B9. Guía de Selección Motor Eléctrico de Alta Eficiencia con Ventilación Exterior (TCCVE)

Datos típicos característicos en 460V

Alta eficiencia, totalmente cerrados con ventilación exterior (TCCVE)

Tipos GP10, JM10, SD10

208-230/460V 60Hz. Diseño NEMA B. 40°C ambiente

HP	Velocidad		Armazón	Corriente (A) 460			kVA/HP	Eficiencia nominal %			Factor de potencia %			Par			Conexión
	síncrona	asincr. plena carga		en vacío	plena carga	arranque		1/2	3/4	plena carga	1/2	3/4	plena carga	Nom. lb-pie	Rotor Bloq.	Max.	
0.5	900	870	143T	1.2	1.3	6.3	M	62	69	72.0	0.31	0.41	0.5	3.0	1.50	2.3	Y
0.75	1800	1750	143T	0.8	1.1	10.0	M	77	81	82.5	0.55	0.67	0.75	2.3	3.30	4.3	Y
	1200	1150	145T	0.7	1.2	6.5	J	78.8	80.7	80.0	0.54	0.67	0.75	3.4	1.80	3.0	Y
	900	860	145T	1.5	2.1	9	K	67.0	71.2	72.0	0.39	0.51	0.61	4.5	1.80	2.5	Y
1	3600	3520	143T	0.8	1.4	14	N	75.5	79.0	80.0	0.63	0.74	0.81	1.5	2.40	4.6	Y
	1800	1750	143T	1	1.5	13	M	80.0	82.5	82.5	0.53	0.66	0.76	3.0	2.9	4.1	Y
	1200	1150	145T	0.95	1.6	9	J	79.5	81.0	80.0	0.53	0.66	0.73	4.6	1.9	3.0	Y
	900	870	182T	1.5	2.1	9	J	77.0	80.0	81.5	0.36	0.47	0.56	6.0	2.1	3.9	Y
1.5	3600	3490	143T	0.9	2	16	L	81.5	83.5	82.5	0.69	0.81	0.85	2.3	2.2	3.8	Y
	1800	1750	145T	1.4	2.2	20	M	82.0	84.0	84.0	0.55	0.69	0.76	4.5	3.4	4.2	Y
	1200	1170	182T	1.4	2.4	15	K	84.0	85.5	85.5	0.52	0.64	0.68	6.7	2.2	4.2	Y
	900	865	184T	2.3	3.0	17	H	78.5	82.0	82.5	0.35	0.47	0.56	9.1	2.2	3.8	Y
2	3600	3495	145T	1.2	2.6	23	L	82.5	84.5	84.0	0.66	0.78	0.85	3.0	2.3	4.0	Y
	1800	1740	145T	1.8	3.0	25	L	83.0	84.5	84.0	0.54	0.68	0.77	6.0	3.7	4.4	Y
	1200	1170	184T	1.8	3.1	25	K	85.0	87.0	86.5	0.49	0.61	0.70	9.0	2.3	4.0	Y
	900	870	213T	2	3.3	16	H	84.0	84.5	84.0	0.51	0.63	0.68	12.1	1.7	3.4	Y
3	3600	3515	182T	1.5	3.7	32	K	83.0	85.5	85.5	0.67	0.8	0.85	4.5	1.7	3.4	Y
	1800	1750	182T	2	4	32	K	86.5	88.0	87.5	0.59	0.72	0.78	9.0	2.1	3.7	Y
	1200	1170	213T	2.2	4.2	32	K	86.5	87.5	87.5	0.57	0.70	0.76	13.5	2.2	3.6	Y
4	900	870	215T	3	4.8	25	H	85.5	86.5	85.5	0.45	0.59	0.68	18.1	2.0	3.1	Y
	3600	3505	184T	2.3	6.2	46	J	87.0	88.0	87.5	0.72	0.82	0.85	7.5	1.9	4.0	Y
	1800	1735	184T	2.9	6.7	46	J	88.5	88.5	87.5	0.64	0.75	0.79	15.1	1.9	3.2	Y
	1200	1165	215T	3.3	6.8	46	J	88.0	88.5	87.5	0.62	0.74	0.79	22.5	2.0	3.4	Y
5	900	875	254T	5.5	8.8	33	F	85.5	87.0	86.5	0.43	0.54	0.62	30.0	1.9	2.0	Y
	3600	3520	213T	3.5	9	63	H	86.5	88.5	88.5	0.75	0.84	0.89	11.2	1.9	3.6	Y
	1800	1750	213T	4.1	9.5	63	H	89.5	90.0	89.5	0.66	0.77	0.82	22.5	2.0	3.4	Y
	1200	1175	264T	5.5	10.5	63	H	88.5	90.0	89.5	0.55	0.68	0.78	33.5	1.6	2.8	Y
7.5	900	875	256T	7.9	13	50	G	87.0	88.0	87.5	0.44	0.55	0.62	45.0	1.9	2.0	Y
	3600	3515	215T	4	11.5	81	H	90.0	90.5	89.5	0.79	0.86	0.89	14.9	1.9	3.8	Y
	1800	1750	215T	5.7	12.5	81	H	89.5	90.0	89.5	0.66	0.77	0.82	30.0	2.1	3.6	Y
	1200	1175	266T	7	13.5	81	H	89.0	90.0	89.5	0.58	0.69	0.75	44.7	1.7	2.6	Y
15	3600	3530	254T	5.6	18	116	G	88.0	89.5	90.2	0.78	0.85	0.87	22.3	2.1	2.9	Y
	1800	1760	254T	8.8	19	116	G	90.0	91.0	91.0	0.64	0.75	0.81	44.8	2.3	2.6	Y
20	3600	3515	256T	6.5	23.5	145	G	88.5	90.0	90.2	0.81	0.87	0.88	29.9	2.1	2.7	Y
	1800	1755	266T	11	25	145	G	91.5	91.5	91.0	0.66	0.77	0.79	59.8	2.2	2.5	Y

Datos sujetos a cambios sin previo aviso



### B10. Valores de Velocidades y Presiones de viento

Altura del elemento por encima del suelo		Viento limite de servicio					Viento máximo				
m	ft	Velocidad $V_w$			Presión aerodinámica		Velocidad $V_w$			Presión aerodinámica	
		m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> daN/m <sup>2</sup>	Ibs/sq.ft	m/s	km/h	miles p h	kgf/m <sup>2</sup> daN/m <sup>2</sup>	Ibs/sq.ft
0 a 20	0 a 65	20	72	45	25	5	36	130	80	80	16
20 a 100	65 a 325						42	150	95	110	22
más de 100	más de 325						46	165	105	130	26

### B11. Tabla de Motores Eléctricos

Tabla 9.3. Tabla de motores eléctricos.

Potencia nominal según IEC 6030	Lama Ao constructivo	Con o sin levanta escombros	Tensión de servicio	Tipo	Peso neto	Momento de inercia $J = \frac{GD^2}{4}$	Valores de servicio a potencia nominal					Relación entre par máximo y nominal	Características rotacionales		
							Velocidad r.p.m.	Rendimiento $\eta$ %	Factor de potencia $\cos \phi$	Intensidad a 380 V A	Par en N. m.		Tensión V	Intensidad A	
1800 r. p. m. (4 polos)															
0,5	4	-	SIN	220/380	1LS1 133-4AA2.	75	0,03	1 410	77	0,80	99	27	2,8	130	21
7,5	5,5	-	SIN	220/380	1LS1 135-4AA2.	80	0,035	1 410	82	0,85	12	37	2,7	170	22
10	7,5	-	SIN	220/380	1LS1 163-4AA2.	110	0,068	1 425	85	0,82	16,3	50	3,0	180	27
15	11	-	SIN	220/380	1LS1 166-4AA2.	125	0,09	1 440	87	0,83	23	74	3,4	260	26
20	15	180 L	SIN	220/380 500	1LS2 136-4AA2.-4AA3.	215	0,23	1 445	88	0,84	31	101	4	250	37
25	18,5	200 L	SIN	220/380 500	1LS2 155-4AA2.-4AA3.	285	0,39	1 450	89	0,85	37	124	3,8	215	54
30	22	200 L	SIN	220/380 500	1LS2 156-4AA2.-4AA3.	305	0,43	1 450	90	0,86	43	148	4	250	54
40	30	225 M	SIN	220/380 500	1LS2 176-4AA2.-4AA3.	400	0,76	1 455	91,5	0,88	57	201	3,9	165	115
50	37	250 M	SIN	220/380 500	1LS2 185-4AA2.-4AA3.	555	1,02	1 460	90,5	0,88	71	247	3,8	180	125
60	45	250 M	SIN	220/380 500	1LS2 186-4AA2.-4AA3.	595	1,16	1 465	91,5	0,88	85	300	4,2	230	121
75	60	280 S	SIN	220/380 500	1LS2 204-4AA2.-4AA3.	745	1,9	1 470	92,5	0,88	112	392	4	255	145
100	75	280 M	SIN	220/380 500	1LS2 206-4AA2.-4AA3.	820	2,17	1 475	93	0,89	138	497	4	305	150
125	90	315 S	SIN	220/380 500	1LS2 224-4AA2.-4AA3.	980	3,1	1 475	93,5	0,89	165	582	3,8	315	175
150	110	315 M	SIN	220/380 500	1LS2 226-4AA2.-4AA3.	1.070	3,65	1 475	94	0,90	200	712	4	380	175
180	132	355	SIN	380 500	1LS4 354-4AA1.-4AA3.	1.400	4,9	1 475	93	0,90	240	853	3,6	395	205
210	155	355	SIN	380 500	1LS4 355-4AA1.-4AA3.	1.450	5,5	1 480	93,5	0,90	280	1.000	3,9	475	198
250	185	355	SIN	380 500	1LS4 356-4AA1.-4AA3.	1.550	6,2	1 480	94	0,90	330	1.120	4,2	580	192
315	230	400	SIN	380 500	1LS4 404-4AA1.-4AA3.	2.000	11	1 485	94,5	0,91	405	1.480	3,7	455	305
380	285	400	SIN	380 500	1LS4 406-4AA1.-4AA3.	2.150	13	1 485	95	0,91	500	1.830	3,9	570	300
450	365	450/1	SIN	380 500	1LS4 454-4AA1.-4AA3.	2.800	20	1 490	95	0,92	620	2.270	4,1	630	340
550	450	450/2	SIN	380 500	1LS4 456-4AA1.-4AA3.	3.100	24	1 490	95	0,92	780	2.890	4,1	790	345

**APÉNDICE C**

**DATOS DEL CÓDIGO**

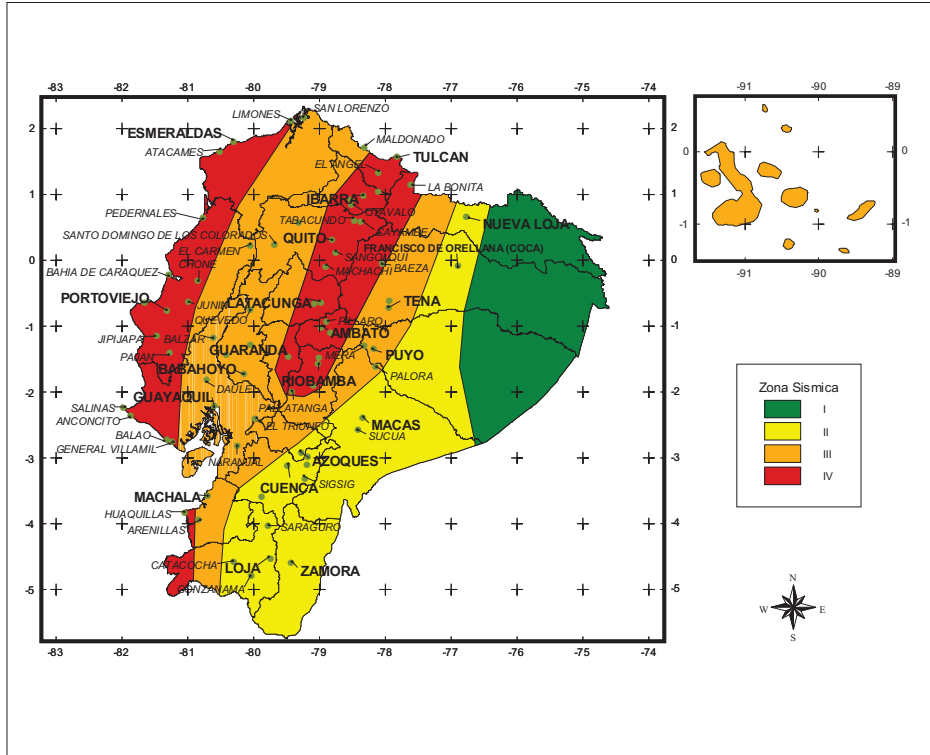
**ECUATORIANO DE LA**

**CONSTRUCCIÓN**

**Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada**

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.4

Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño



**Tabla 2. Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z**

CIUDAD	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	ZONA
CHORDELEG	AZUAY	CHORDELEG	CHORDELEG	2
CUENCA	AZUAY	CUENCA	CUENCA	2
EL GIRÓN	AZUAY	GIRÓN	GIRÓN	2
EL PAN	AZUAY	EL PAN	EL PAN	2
GUACHAPALA	AZUAY	GUACHAPALA	GUACHAPALA	2
GUALACEO	AZUAY	GUALACEO	GUALACEO	2
NOBÓN	AZUAY	NABÓN	NABÓN	2
OÑA	AZUAY	OÑA	OÑA	2
PAUTE	AZUAY	PAUTE	PAUTE	2
PUCARA	AZUAY	PUCARA	PUCARA	2
SAN FERNANDO	AZUAY	SAN FERNANDO	SAN FERNANDO	2
SANTA ISABEL	AZUAY	SANTA ISABEL	SANTA ISABEL (CHAGUARURCO)	2
SEVILLA DE ORO	AZUAY	SEVILLA DE ORO	SEVILLA DE ORO	2
SIGSIG	AZUAY	SIGSIG	SIGSIG	2
CALUMA	BOLIVAR	CALUMA	CALUMA	3
ECHANDIA	BOLIVAR	ECHEANDIA	ECHEANDIA	3
LAS NAVES	BOLIVAR	LAS NAVES	LAS NAVES	3
CHILANES	BOLIVAR	CHILLANES	CHILLANES	4

GUARANDA	BOLIVAR	GUARANDA	GUARANDA	4
SAN JOSE DE CHIMBO	BOLIVAR	CHIMBO	SAN JOSE DE CHIMBO	4
SAN MIGUEL	BOLIVAR	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL	4
AZOQUES	CAÑAR	AZOGUES	AZOGUES	2
BIBLIAN	CAÑAR	BIBLIAN	NAZON (PAMPA DE DOMINGUEZ)	2
DELEG	CAÑAR	DELEG	DELEG	2
CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	CAÑAR	3
EL TAMBO	CAÑAR	EL TAMBO	EL TAMBO	3
LA TRONCAL	CAÑAR	LA TRONCAL	LA TRONCAL	3
BOLIVAR	CARCHI			4
EL ANGEL	CARCHI	ESPEJO	EL ANGEL	4
HUACA	CARCHI	SAN PEDRO DE HUACA	HUACA	4
MIRA	CARCHI			4
SAN GABRIEL	CARCHI			4
TULCAN	CARCHI	TULCAN	TULCAN	4
ALAUSI	CHIMBORAZO	ALAUSI	ALAUSI	3
CHUNCHI	CHIMBORAZO	CHUNCHI	CHUNCHI	3
CUMANDA	CHIMBORAZO	CUMANDA	CUMANDA	3
CHAMBO	CHIMBORAZO	CHAMBO	CHAMBO	4
GUAMOTE	CHIMBORAZO	GUAMOTE	GUAMOTE	4
GUANO	CHIMBORAZO	GUANO	GUANO	4
LA UNION	CHIMBORAZO	COLTA	CAJABAMBA	4
PALLATANGA	CHIMBORAZO	PALLATANGA	PALLATANGA	4
PENIPE	CHIMBORAZO	PENIPE	PENIPE	4
RIOBAMBA	CHIMBORAZO	RIOBAMBA	RIOBAMBA	4
EL CORAZON	COTOPAXI	PANGUA	EL CORAZON	3
LA MANA	COTOPAXI	LA MANA	LA_MANA	3
SIGCHOS	COTOPAXI	SIGCHOS	SIGCHOS	3
LATACUNGA	COTOPAXI	LATACUNGA	LATACUNGA	4
PUJILI	COTOPAXI	PUJILI	PUJILI	4
SAN MIGUEL	COTOPAXI	SALCEDO	SAN MIGUEL	4
SAQUISILI	COTOPAXI	SAQUISILI	SAQUISILI	4
CHILLA	EL ORO	CHILLA	CHILLA	2
PACCHA	EL ORO	ATAHUALPA	PACCHA	2
PIÑAS	EL ORO	PIÑAS	PIÑAS	2
PORTOVELO	EL ORO	PORTOVELO	PORTOVELO	2
ZARUMA	EL ORO	ZARUMA	SALVIAS	2
ARENILLAS	EL ORO	ARENILLAS	ARENILLAS	3
BALSAS	EL ORO	BALSAS	BALSAS	3
EL GUABO	EL ORO	EL GUABO	EL GUABO	3
LA VICTORIA	EL ORO	LAS LAJAS	LA VICTORIA	3
MACHALA	EL ORO	MACHALA	MACHALA	3
MARCABELI	EL ORO	MARCABELI	MARCABELI	3
PASAJE	EL ORO	PASAJE	PASAJE	3
SANTA ROSA	EL ORO	SANTA ROSA	SANTA ROSA	3
HUAQUILLAS	EL ORO	HUAQUILLAS	HUAQUILLAS	4
LA UNION	ESMERALDAS	QUININDE	LA UNION	3
ROSA ZARATE (QUININDE)	ESMERALDAS	QUININDE	ROSA ZARATE (QUININDE)	3
SAN LORENZO	ESMERALDAS	SAN LORENZO	SAN LORENZO	3
ATACAMES	ESMERALDAS	ATACAMES	ATACAMES	4
ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	4

MUISNE	ESMERALDAS	MUISNE	MUISNE	4
VALDEZ (LIMONES)	ESMERALDAS	ELOY ALFARO	VALDEZ (LIMONES)	4
ALFREDO BAQUERIZO	GUAYAS	ALF. BAQUE. MORENO (JUAN)	ALF. BAQUE. MORENO(JUAN)	3
BALAO	GUAYAS	BALAO	BALAO	3
BALZAR	GUAYAS	BALZAR	BALZAR	3
COLIMIES	GUAYAS	COLIMES	COLIMES	3
CRNL MARCELINO (NN)	GUAYAS	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	CRNL MARCELINO MARIDUEÑA	3
DAULE	GUAYAS	DAULE	DAULE	3
EL SALITRE	GUAYAS	URBINA JADO	EL SALITRE (LAS RAMAS)	3
EL TRIUNFO	GUAYAS	EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	3
ELOY ALFARO	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO(DURAN)	3
GRAL ANTONIO ELIZALDE	GUAYAS	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	3
GENERAL VILLAMIL	GUAYAS	PLAYAS	GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)	3
GUAYAQUIL	GUAYAS	GUAYAQUIL	CHONGON	3
LOMAS DE SARGENTILLO	GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO	LOMAS DE SARGENTILLO	3
MILAGRO	GUAYAS	MILAGRO	MILAGRO	3
NARANJAL	GUAYAS	NARANJAL	NARANJAL	3
NARANJITO	GUAYAS	NARANJITO	NARANJITO	3
NARCISA DE JESUS (BOBOL)	GUAYAS	NOBOL	NARCISA DE JESUS	3
PALESTINA	GUAYAS	PALESTINA	PALESTINA	3
PEDRO CARBO	GUAYAS	PEDRO CARBO	SALINAS	3
SAN BORONDON	GUAYAS	SAMBORONDON	SAMBORONDON	3
SANTA LUCIA	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	3
SIMON BOLIVAR	GUAYAS	SIMON BOLIVAR	SIMON BOLIVAR	3
VELASCO IBARRA	GUAYAS	EL EMPALME	VELASCO IBARRA(EL EMPALME)	3
YAGUACHI NUEVO	GUAYAS	YAGUACHI	YAGUACHI NUEVO	3
LA LIBERTAD	GUAYAS	LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	4
SALINAS	GUAYAS	SALINAS	SALINAS	4
SANTA ELENA	GUAYAS	SANTA ELENA	SANTA ELENA	4
ATUNTAQUI	IMBABURA	ANTONIO ANTE	ATUNTAQUI	4
COTACACHI	IMBABURA	COTACACHI	COTACACHI	4
IBARRA	IMBABURA	IBARRA	IBARRA	4
OTAVALO	IMBABURA	OTAVALO	OTAVALO	4
PIMAMPIRO	IMBABURA	PIMAMPIRO	PIMAMPIRO	4
URCUQUI	IMBABURA	URCUQUI	URCUQUI	4
AMALUZA	LOJA	ESPINDOLA	AMALUZA	2
CARIAMANGA	LOJA	CALVAS	CARIAMANGA	2
CATACOA	LOJA	PALTAS	CATACOA	2
CATAMAYO	LOJA	CATAMAYO	CATAMAYO (LA TOMA)	2
GONZANAMA	LOJA	GONZANAMA	GONZANAMA	2
GUAGUARPAMBA	LOJA	CHAGUARPAMBA	CHAGUARPAMBA	2
LOJA	LOJA	LOJA	LOJA	2
QUILANGA	LOJA	QUILANGA	QUILANGA	2
SARAGURO	LOJA	SARAGURO	SAN ANTONIO DE CUMBE	2
SOZORANGA	LOJA	SOZORANGA	SOZORANGA	2
ALAMOR	LOJA	PUYANGO	ALAMOR	3
CELICA	LOJA	CELICA	CELICA	3
MACARA	LOJA	MACARA	MACARA	3
PINDAL	LOJA	PINDAL	PINDAL	3

ZAPOTILLO	LOJA	ZAPOTILLO	ZAPOTILLO	4
BABA	LOS RIOS	BABA	BABA	3
BABAHOYO	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	3
CATARAMA	LOS RIOS	URDANETA	CATARAMA	3
MONTALVO	LOS RIOS	MONTALVO	MONTALVO	3
PALENQUE	LOS RIOS	PALENQUE	PALENQUE	3
PUEBLO VIEJO	LOS RIOS	PUEBLOVIEJO	PUEBLOVIEJO	3
QUEVEDO	LOS RIOS	QUEVEDO	QUEVEDO	3
SAN JACINTO DE BUENA FE	LOS RIOS	BUENA FE	SAN JACINTO DE BUENA FE	3
VALENCIA	LOS RIOS	VALENCIA	VALENCIA	3
VENTANAS	LOS RIOS	VENTANAS	VENTANAS	3
VINCES	LOS RIOS	VINCES	VINCES	3
EL CARMEN	MANABI	EL CARMEN	EL CARMEN	3
OLMEDO	MANABI	OLMEDO	OLMEDO	3
PICHINCHA	MANABI	PICHINCHA	PICHINCHA	3
BAHIA DE CARAQUEZ	MANABI	SUCRE	BAHIA DE CARAQUEZ	4
CALCETA	MANABI	BOLIVAR	CALCETA	4
CHONE	MANABI	CHONE	CHONE	4
FLAVIO ALFARO	MANABI	FLAVIO ALFARO	FLAVIO ALFARO	4
JIPIJAPA	MANABI	JIPIJAPA	JIPIJAPA	4
JUNIN	MANABI	JUNIN	JUNIN	4
MANTA	MANABI	MANTA	MANTA	4
MONTECRISTI	MANABI	MONTECRISTI	MONTECRISTI	4
PAJAN	MANABI	PAJAN	PAJAN	4
PEDERNALES	MANABI	PEDERNALES	PEDERNALES	4
PORTOVIEJO	MANABI	PORTOVIEJO	PORTOVIEJO	4
PUERTO LOPEZ	MANABI	PUERTO LOPEZ	PUERTO LOPEZ	4
ROCAFUERTE	MANABI	ROCAFUERTE	ROCAFUERTE	4
SANTA ANA	MANABI	SANTA ANA	SANTA ANA	4
SUCRE	MANABI	24 DE MAYO	SUCRE	4
TOSAGUA	MANABI	TOSAGUA	TOSAGUA	4
GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	MORONA SANTIAGO	LIMON INDANZA	GRAL LEONIDAS P. GUTIERREZ	2
GUALAQUIZA	MORONA SANTIAGO	GUALAQUIZA	GUALAQUIZA	2
MACAS	MORONA SANTIAGO	MORONA	GENERAL PROAÑO	2
PABLO SEXTO	MORONA SANTIAGO	HUAMBOYA	HUAMBOYA	2
SAN JUAN BOSCO	MORONA SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO	SAN JUAN BOSCO	2
SANTIAGO DE MENDEZ	MORONA SANTIAGO	SANTIAGO	SANTIAGO DE MENDEZ	2
SUCUA	MORONA SANTIAGO	SUCUA	SANTA MARIANITA DE JESUS	2
PALORA	MORONA SANTIAGO	PALORA	PALORA (METZERA)	3
ARCHIDONA	NAPO	ARCHIDONA	ARCHIDONA	3
NUEVO ROCAFUERTE	NAPO	AGUARICO	NUEVO ROCAFUERTE	3
TENA	NAPO	TENA	TENA	3
BAEZA	NAPO	QUIJOS	BAEZA	4
EL CHACO	NAPO	EL CHACO	EL CHACO	4
LA JOYA DE LOS SACHAS	ORELLANA	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	2
LORETO	ORELLANA	LORETO	AVILA (CAB. EN HUIRUNO)	2
FRANCISCO ORELLANA (COCA)	ORELLANA	ORELLANA	FRANCISCO DE ORELLANA (COCA)	2
MERA	PASTAZA	MERA	MERA	3
PUYO	PASTAZA	PASTAZA	VERACRUZ (INDILLAMA)	3
SANTA CLARA	PASTAZA			3



PEDRO VICENTE MALDONADO	PICHINCHA	PEDRO VICENTE MALDONADO	PEDRO VICENTE MALDONADO	3
PUERTO QUITO	PICHINCHA	PUERTO QUITO	PUERTO QUITO	3
SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	PICHINCHA	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	3
STO DOMINGO DE COLORADOS	PICHINCHA	SANTO DOMINGO	ZARACAY	3
CAYAMBE	PICHINCHA	CAYAMBE	CAYAMBE	4
MACHACHI	PICHINCHA	MEJIA	MACHACHI	4
QUITO	PICHINCHA	QUITO	QUITO	4
SANGOLQUI	PICHINCHA	RUMIÑAHUI	RUMIPAMBA	4
TABACUNDO	PICHINCHA	PEDRO MONCAYO	TABACUNDO	4
EL CARMEN DEL PUTUMAYO	SUCUMBIOS	PUTUMAYO	EL CARMEN DEL PUTUMAYO	1
SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	SHUSHUFINDI	SHUSHUFINDI	1
NUEVA LOJA	SUCUMBIOS	LAGO AGRIO	NUEVA LOJA	2
EL DORADO DE CASCALES	SUCUMBIOS	CASCALES	EL DORADO DE CASCALES	3
LUMBAQUI	SUCUMBIOS	PIZARRO	LUMBAQUI	3
LA BONITA	SUCUMBIOS	SUCUMBIOS	LA BONITA	4
AMBATO	TUNGURAHUA	AMBATO	AMBATO	4
BAÑOS	TUNGURAHUA	BAÑOS	BAÑOS	4
CEVALLOS	TUNGURAHUA	CEVALLOS	CEVALLOS	4
MOCHA	TUNGURAHUA	MOCHA	MOCHA	4
PATATE	TUNGURAHUA	PATATE	PATATE	4
PELILEO	TUNGURAHUA	PELILEO	PELILEO	4
PILLARO	TUNGURAHUA	PILLARO	PILLARO	4
QUERO	TUNGURAHUA	QUERO	QUERO	4
TISALEO	TUNGURAHUA	TISALEO	TISALEO	4
28 DE MAYO	ZAMORA CHINCHIPE	YACUAMBI	28 DE MAYO (SN JOSE DE YACUAM)	2
EL PANGUI	ZAMORA CHINCHIPE	EL PANGUI	EL PANGUI	2
GUAYZIMI	ZAMORA CHINCHIPE	NANGARITZA	GUAYZIMI	2
YANTZAZA	ZAMORA CHINCHIPE	YANTZAZA	YANTZAZA	2
ZAMORA	ZAMORA CHINCHIPE	ZAMORA	ZAMORA	2
ZUMBA	ZAMORA CHINCHIPE	CHINCHIPE	ZUMBA	2
ZUMBI	ZAMORA CHINCHIPE	CENTINELA DEL CONDOR	ZUMBI	2

Tabla 3. Coeficiente de suelo S y Coeficiente Cm

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0*	2,5

(\*) = Este valor debe tomarse como mínimo, y no substituye los estudios de detalle necesarios para construir sobre este tipo de suelos.

Tabla 4. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Factor</b>
1. Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

## FIGURAS 2 y 3. Irregularidades en planta y en elevación

Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación

### IRREGULARIDADES EN ELEVACION

Tipo 1 - Piso flexible -  $\phi_{E_i} = 0.9$

Rigidez  $K_c < 0.70$  Rigidez  $K_D$

ó

Rigidez  $K_c < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$

Tipo 2 - Distribución de masas -  $\phi_{E_i} = 0.9$

$m_D > 1.50 m_E$

ó

$m_D > 1.50 m_C$

Tipo 3 - Irregularidad Geométrica -  $\phi_{E_i} = 0.9$

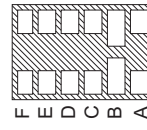
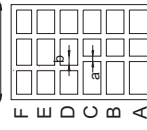
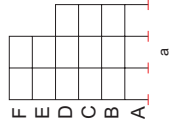
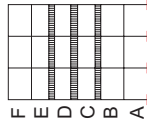
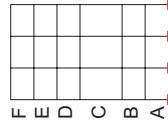
$a > 1.30 b$

Tipo 4 - Desalineamientos en ejes verticales -  $\phi_{E_i} = 0.8$

$b > a$

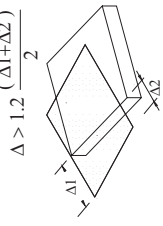
Tipo 5 - Piso débil -  $\phi_{E_i} = 0.8$

Resistencia Piso B  $< 0.70$  Resistencia Piso C

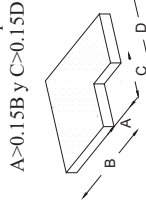


### IRREGULARIDADES EN PLANTA

Tipo 1 - Irregularidad torsional -  $\phi_{p_i} = 0.9$



Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas -  $\phi_{p_i} = 0.9$



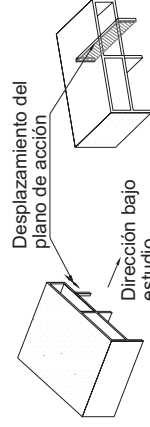
Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso -  $\phi_{p_i} = 0.9$



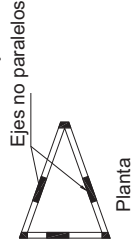
1)  $C \times D > 0.5A \times B$  2)  $(C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$

Tipo 4 - Desplazamiento de los planos de Acción -  $\phi_{p_i} = 0.8$

de elementos verticales



Tipo 5 - Ejes estructurales no paralelos -  $\phi_{p_i} = 0.9$



Planta

Tabla 5. Coeficientes de configuración en planta.

Tipo	Descripción de las irregularidades en planta	$\Phi_{pi}$
1	<p><b><i>Irregularidad torsional</i></b>                      Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	0,9
2	<p><b><i>Entrantes excesivos en las esquinas</i></b>                      La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	0,9
3	<p><b><i>Discontinuidad en el sistema de piso</i></b>                      La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	0,9
4	<p><b><i>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales</i></b>                      Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p>	0,8
5	<p><b><i>Ejes estructurales no paralelos</i></b>                      La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	0,9
6	<p><b><i>Sistema de piso flexible</i></b>                      Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se deberá revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural</p>	-

Tabla 6. Coeficiente de configuración en elevación

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda $\Phi E_i$	Sistemas duales o con diagonales $\Phi E_i$
1	<p><b><i>Piso blando (irregularidad en rigidez)</i></b>  La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	0,9	1,0
2	<p><b><i>Irregularidad en la distribución de las masas</i></b>  La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	0,9	1,0
3	<p><b><i>Irregularidad geométrica</i></b>  La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	0,9	1,0
4	<p><b><i>Desalineamiento de ejes verticales</i></b>  La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.</p>	0,8	0,9
5	<p><b><i>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia</i></b>  La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70%de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	0,8	1,0
6	<p><b><i>Columnas cortas</i></b>  Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>	-	-

Tabla 7. Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado(sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado(sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras.*	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras. *.	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío. Estructuras de aluminio.	7
Estructuras de madera	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada	3

(\*) = Cuando se utilizan diagonales, se debe verificar que los elementos en tensión cedan antes que los elementos en compresión.

Tabla 8. Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Estructuras de	$\Delta_M$ máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
De mampostería	0,010

Figura 4. Espectro sísmico elástico del presente reglamento, que representa el sismo de diseño.

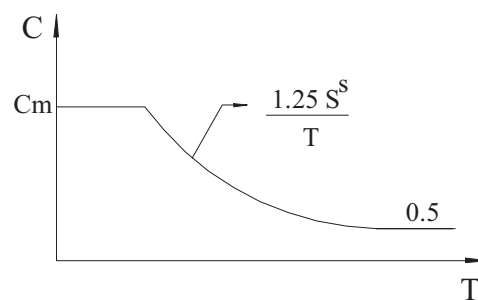


Tabla 9. Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación.

<b>Tipos de estructuras</b>	<b>R</b>
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas, soportadas mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados.	3
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación.	5
Estructuras tipo cantiliver tales como chimeneas, silos y depósitos apoyados en sus bordes.	4
Torres en celosía (autoportantes o atirantadas)	4
Estructuras en forma de péndulo invertido	3
Torres de enfriamiento	5
Depósitos elevados soportados por un pila o por apoyos no arriostrados	4
Letreros y carteleras	5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	3
Otras estructuras no descritas en este código	3

**APÉNDICE D**

**COTIZACIONES E INFORMACIÓN**

**TÉCNICA DE PROVEEDORES**

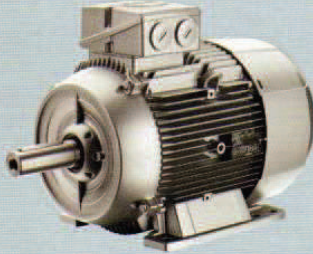
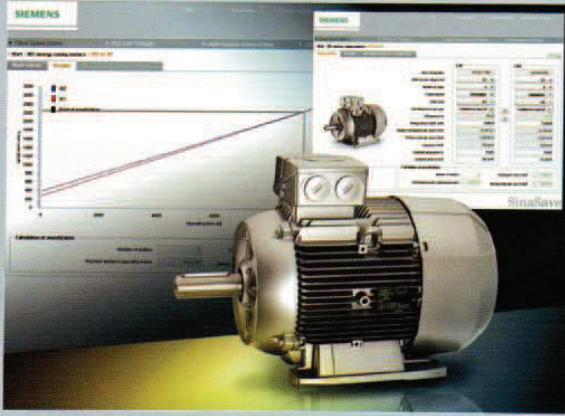


## D1. LISTA DE PRECIOS MOTORES HEAVY DUTY

Descripción									Precio Lista Unit. US \$
									
<p style="text-align: center;">Motor Heavy Duty Tipo 1LA3 090      Motor Heavy Duty Tipo 1LA6 180</p>									
Tipo	Tamaño Constructivo	Potencia HP	Potencia kW	Eficiencia %	F.Servicio FS	Corriente (A)			
						230V ΔΔ	400V YY	460V Δ	
<b>VELOCIDAD 3.600 rpm (2 polos)</b>									
1LA3 090-2YB90	90 L	2.0	1.5	72.2	1.15	6.7	3.9	3.4	<b>234,00</b>
1LA3 093-2YB90	90 L	3.0	2.2	76.9	1.15	8.6	5.0	4.3	<b>274,00</b>
1LA3 096-2YA90	90 L	4.0	3.0	74.9	1.15	10.5	6.1	5.0	<b>329,00</b>
1LA3 113-2YB90	112 M	5.0	3.7	73.5	1.15	13.4	7.7	6.7	<b>370,00</b>
1LA3 114-2YA90	112 M	7.5	5.5	74.5	1.15	18.2	10.5	9.1	<b>535,00</b>
1LA3 132-2YB90	132 M	10.0	7.5	77.5	1.15	25.4	14.7	13.0	<b>768,00</b>
1LA3 133-2YB90	132 M	15.0	11.0	76.1	1.15	36.3	21.0	18.2	<b>1.014,00</b>
1LA3 165-2YB90	160 L	20.0	15.0	79.4	1.15	49.7	28.7	25.0	<b>1.179,00</b>
1LA3 165-2YC90	160 L	25.0	18.5	83.8	1.15	60.8	35.1	30.4	<b>1.260,00</b>
1LA3 167-2YB90	160 L	30.0	22.0	83.6	1.15	73.8	42.6	37.0	<b>1.425,00</b>
1LA6 184-2YB90	180 M/L	40.0	30.0	88.9	1.05	101.1	58.4	51.0	<b>2.466,00</b>
1LA6 206-2YB90	200 L	50.0	37.4	87.8	1.15	123.4	71.2	61.7	<b>3.563,00</b>
1LA6 207-2YB90	200 L	60.0	45.0	90.1	1.15	150.1	86.7	75.0	<b>3.727,00</b>
1LA6 224-2YB90	225 S/M	75.0	55.0	93.4	1.15	190.0	109.7	95.0	<b>4.111,00</b>
									



## D2. LISTA DE PRECIOS DE MOTORES TRIFÁSICOS DE ALTA EFICIENCIA

Descripción								Precio Listado
								Unit. US \$
 <p><b>Motore trifásico de alta eficiencia IE2</b></p>								
Tipo	Tamaño Constructivo	Potencia HP	Potencia kW	Eficiencia %	F.Servicio FS	Corriente (A)		
VELOCIDAD 3.600 rpm (2 polos)								
						220 VAC	440 VAC	
TLE10011BA290AA4-Z	112 M	5.0	3.7	88.5	1.15	14.0	7.0	<b>604,00</b>
TLE10011CA090AA4-Z	132 S	7.5	5.6	88.5	1.15	19.0	9.5	<b>782,00</b>
TLE10011CA190AA4-Z	132 S	10.0	7.5	90.0	1.15	26.6	13.3	<b>959,00</b>
TLE10011DA290AA4-Z	160 M	15.0	11.2	90.2	1.15	38.0	19.0	<b>1.324,00</b>
TLE10011DA390AA4-Z	160 M	20.0	14.9	91.0	1.15	52.0	26.0	<b>1.672,00</b>
TLE10011DA490AA4-Z	160 L	25.0	18.7	91.0	1.15	63.6	31.8	<b>1.958,00</b>
TLG6183-2BA90-Z	180 M	30.0	22.4	91.0	1.15	77.0	38.5	<b>2.527,00</b>
Tipo	Tamaño Constructivo	Potencia HP	Potencia kW	Eficiencia %	F.Servicio FS	Corriente (A)		
VELOCIDAD 1.800 rpm (4 polos)								
						220 VAC	440 VAC	
TLE10011AB490AA4-Z	100 L	3.0	2.20	87.5	1.15	8.6	4.3	<b>477,00</b>
TLE10011BB290AA4-Z	112 M	5.0	3.73	87.5	1.15	16.0	8.0	<b>649,00</b>
TLE10011CB090AA4-Z	132 S	7.5	5.60	89.5	1.15	20.0	10.0	<b>832,00</b>
TLE10011CB290AA4-Z	132 M	10.0	7.46	89.6	1.15	24.4	12.2	<b>1.020,00</b>
TLE10011DB290AA4-Z	160 M	15.0	11.19	91.0	1.15	43.0	21.5	<b>1.350,00</b>
TLE10011DB490AA4-Z	160 L	20.0	14.92	92.4	1.15	55.6	27.8	<b>1.696,00</b>
TLG61834BA90-Z	180 M	25.0	18.65	92.4	1.15	66.0	33.0	<b>2.212,00</b>
TLG61864BA90-Z	180 L	30.0	22.38	92.5	1.15	78.0	39.0	<b>2.530,00</b>
TLG62074BA90-Z	200 L	40.0	29.84	93.0	1.15	104.0	52.0	<b>3.452,00</b>
TLG62204BA90-Z	225 S	50.0	37.3	93.6	1.15	126.0	63.0	<b>4.520,00</b>
TLG62234BA90-Z	225 M	60.0	44.76	94.1	1.15	144.0	72.0	<b>5.652,00</b>
TLG62534BA90-Z	250 M	75.0	55.95	94.1	1.15	200.0	100.0	<b>6.899,00</b>
								

Motorreductor de sinfin STANDARDFIT catálogo AS07 - Motor catálogo TX06 (motor a 60 Hz)

**Designación :** MR V 742 UO4E - F0 100LA 4 277.480 - 60 B5/36,4 B3 i=47

Forma constructiva B3 , n1 = 1710 min-1

Accesorios y ejecuciones especiales :

#### Características reductor/motorreductor

Relación de transmisión i	47
Velocidad entrada n1 [min-1]	1710
velocidad salida n2 [min-1]	36,4
Potencia entrada P1 [kW]	2,64
Par de salida M2 [Nm]	537
Factor de servicio fs	1,06
Rendimiento	0,791
Cantidad indicativa de lubricante [l]	1,6
Viscosidad ISO VG (Tamb 0...40°C)	320
Pintura	RAL 5010
Masa total del grupo [kg]	56
<b>Características nominales</b>	
Potencia nominal entrada PN1 [kW]	2,85
Potencia nominal salida PN2 [kW]	2,2
Par de salida MN2 [Nm]	568
<b>Verificación térmica</b>	
Temperatura máxima ambiente	OK
Relación de intermitencia	40
Potencia térmica Pt [kW]	Continuo (S1)
Resultado de la verificación térmica :	2,42
	no satisfecha

#### Características del motor

Tipo motor	F0- trifásico freno
Tamaño	100LA 4
Accoppiamento DxE-P	B5 28x60-250
Alimentación [V - Hz]	277.480 - 60
Grado de protección	IP 55
Aislamiento clase	F
Refrigeración	IC 411
Potencia nominal motor PN [kW]	2,64
Velocidad angular nominal n [min-1]	1710
Corriente nominal (400V) IN [A]	5,15
Corriente nominal (400V) IN [A]	25,8
Par nominal MN [Nm]	14,8
Par de arranque MS [Nm]	38,5
Par max Mmax [Nm]	44,4
Rendimiento [%]	81,8
cos (phi)	0,75
Momento de inercia Jo [kgm2]	0,0051
Arranque en vacío interm. 50% Zo [st/h]	3150
Tamaño freno	BC 15
Rectificador	RN1
Par de frenado Mf [Nm]	40
Alimentación freno Vac/Vcc [V]	255,265,277-119
Masa del motor [kg]	26

Fichero parcial



Vista desde arriba en F.C. B3

#### Información complementaria y advertencias

Tuercas de fijación: M12 UNI 5588

Engrenaje de sinfin Z2/Z1 = 47/1; Módulo axial = 3,2; Ángulo d'hélice = 6°02';

Rendimiento estático = 0,45; Reversibilidad estática incierta; Reversibilidad dinámica, después del rodaje, con rendimiento > 0,6.

Resultado de la verificación térmica : no satisfecha P1 = 2,64 > Pt = 2,42 [kW]

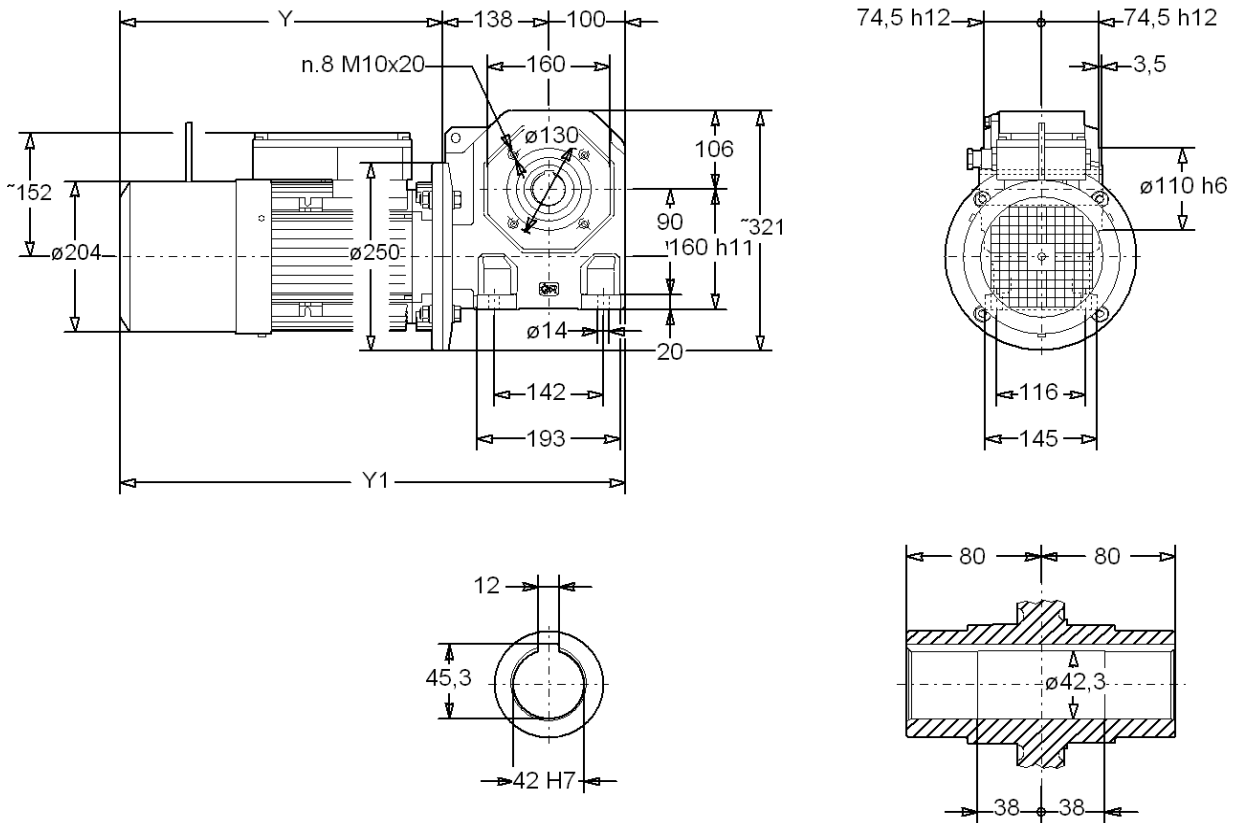
El programa utiliza los datos de catalogo para la seleccion y la verificacion del reductor. No realiza calculos de duracion de rodamientos y

Motorreductor de sinfin STANDARDFIT catálogo AS07 - Motor catálogo TX06 (motor a 60 Hz)

**Designación :** MR V 742 UO4E - F0 100LA 4 277.480 - 60 B5/36,4 B3 i=47

Forma constructiva B3 , n1 = 1710 min-1

Datos dimensionales



Dibujo del reductor o motorreductor estándar sin accesorios ni ejecuciones, en forma constructiva B3

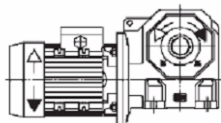
Cota (comprensora de ejecuciones especiales y accesorios del motor) Y= 419

Cota (comprensora de ejecuciones especiales y accesorios del motor) Y1 = 657

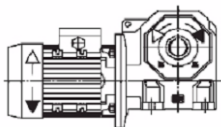
Motorreductor de sinfin STANDARDFIT catálogo AS07 - Motor catálogo TX06 (motor a 60 Hz)

**Designación :** MR V 742 UO4E - F0 100LA 4 277.480 - 60 B5/36,4 B3 i=47  
 Forma constructiva B3 , n1 = 1710 min-1

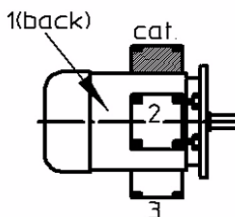
Ejecución reductor UO4E



Forma constructiva reductor/motorreductor B3






Caja de bornes Pos. Cat



Posición caja de bornes en relación a la forma constructiva

Tapon de carga/nivel/descarga

Senza tappo di livello  
 Fornito completo di olio  
 Without oil level plug  
 Supplied filled with oil

-  = tapón de vaciado (en vista/no en vista)
-  = tapón de carga (en vista/no en vista)
-  = tapón de nivel (en vista/no en vista)



Guayaquil, 25 de Julio del 2012

Señor  
Héctor P. Jaramillo Loor  
Ciudad.

De mis consideraciones

Por medio de la presente envío la siguiente cotización:

Ítem	Descripción	Calidad	Cant.	Peso Unit.	Peso Total	Precio Unit.	Precio Total	Entrega	usd
1	Ang. Lam. 100x100x12mm	A-572 Gr.50	132	108,25	14.289,00	135,31	17.861,25	inmed.	1,25
2	Ang. Lam. 150x150x12mm	A-572 Gr.50	28	156,00	4.368,00	195,00	5.460,00	inmed.	1,25
3	Ang. Lam. 150x150x14mm	A-572 Gr.50	16	0,00	0,00		0,00	no stock	
Altern.	Ang. Dob. 150x150x15mm	A-36	16	190,76	3.052,16	228,91	3.662,59	5 días	1,20
4	Ang. Lam. 150x150x18mm	A-572 Gr.50	9				0,00	no stock	
Altern.	Ang. Dob. 160x160x18mm	A-36	9	240,78	2.167,02	288,94	2.600,42	5 días	1,20
5	Ang. Dob. 200x200x18mm	A-36	17	308,60	5.246,20	370,32	6.295,44	5 días	1,20
6	Ang. Dob. 200x200x20mm	A-36	1	339,12	339,12	406,94	406,94	5 días	1,20
7	Ang. Dob. 200x200x24mm	A-572 Gr.50	5		0,00		0,00	no proceso	
Altern.	Ang. Dob. 250x250x25mm	A-36	5	529,88	2.649,40	635,86	3.179,28	5 días	1,20
8	Ang. Lam. 75x75x6,0mm	A-572 Gr.50	124	41,43	5.137,32	51,79	6.421,65	5 días	1,25
9	Ang. Lam. 80x80x12mm	A-572 Gr.50	16					no stock	
Altern.	Ang. Lam. 100x100x12mm	A-572 Gr.50	16	108,25	1.732,00	135,31	2.165,00	inmed.	1,25
10	PL 120							no stock	
11	UPN 120x6000	A-572 Gr.50	14	80,40	1.125,60	112,56	1.575,84	11/08/12	1,40
12	UPN 140x6000	A-572 Gr.50	7	96,80	677,60	135,52	948,64	11/08/12	1,40
13	HEB 160x6000	A-572 Gr.50	1	257,72	257,72	360,81	360,81	inmed.	1,40
14	HEB 180x6000	A-572 Gr.50						no stock	
Altern.	HEB 200x6000	A-572 Gr.50	1	370,87	370,87	519,22	519,22	inmed.	1,40
<b>Total Kg.</b>				<b>41.412,01</b>	<b>Sub-Total</b>	<b>51.457,09</b>			
						<b>12% Iva</b>	<b>6.174,85</b>		
						<b>Total USD</b>	<b>57.631,94</b>		

Forma de Pago: Credito con cartera al dia.

Forma de Entrega: Como se indica

Validez de la Oferta: inmediata

Sin otro particular, le saluda

Nieves Encalada S.  
Ejecutivo de Ventas  
Telf.3702120 ext. 117  
Movi. 087-224682  
Porta. 094-048353  
Email: [nencalada@ipac-acero.com](mailto:nencalada@ipac-acero.com)

# Proforma de Ventas:

197815

Contribuyente Especial  
Resolucion # 176 Marzo

Cliente: 3005 REP. FAB. Y TRANS. DE MOT. ELECT.MOLEMOTOR S.A.

Fecha: 07/24/2012

Dirección: Km.11 1/2 Vía Daule, Lotiz.Inmaconsa #15-16 Mz.22,

TUVAL S.A.

Teléfono: 2103843 Ext. 102 ext 104 pagos

Teléfono: 3704060

Atención:

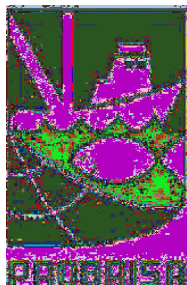
GUAYAQUIL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID.	PRECIO	DSC TO.	TOTAL
871-107580I	Tub. ced80-2" 5.80mts AGOSTO	86,00	PZAS	75,99	0,00	6.535,14
871-109580I	Tubo ced 80-3"-5.80m AGOSTO	19,00	PZAS	154,50	0,00	2.935,50
871-110580I	Tub. ced80-4" x 5.80mts AGOSTO	3,00	PZAS	235,28	0,00	705,84

("VALIDEZ DE LA COTIZACIÓN ",4," DIAS VENCE: ",2012-07-28)

Observación:		Subtot	10.176,48
		I.V.A.:	1.221,18
Vendedor: Patricia Solorzano		Total:	11.397,66
Forma de Pago: Crédito 30 días			



**PROBRISA S.A.**

**Guayaquil:** Coronel 1619 y Portete PBX: (593) 4 2448840 FAX: (593) 4 2442833  
**Sucursal Manta 1:** Recinto Autoridad Portuaria s/n Patio 300 TELF: (593) 5 2621305/07  
**Sucursal Manta 2:** Vía San Juan de Manta y Circunvalación TELF: (593) 5 2623196  
**Sucursal Quito:** 10 de Agosto N65-49 y Bellavista TELXF: (593) 2 3464435, 3463600  
**Sucursal Daule:** Km. 14 1/2 via Daule. Bodega Intequin, Galpón 12 TELFS: (593) 4 5001462/3  
**E-mail:** [ventas@probrisa.com](mailto:ventas@probrisa.com)

<b>R.U.C.</b>	<b>0990567999001</b>
<b>PROFORMA</b> PRGYE0002618	

**Cliente:** HTM  
**Dirección:** s/n  
**Teléfono:**  
**O. Compra:**  
**F. Emisión:** 24/08/2012

**R.U.C.:** 9999999999999  
**Vendedor:** Juan Carlos Alarcón Bravo  
**Ciudad:** GUAYAQUIL  
**Forma de pago:** CONTADO

Cantidad	U/M	Código	Concepto	P. Unitario	Dscto.	P.U. Neto	Total
350.00	MT	CBL-6X36AAN1250	Cable de Acero Negro de 1 1/4" 6x36WS+IWRC. Grado EIPS, sin Grasa. Carga de Rotura: 72.5 TM.	17.60	10.00 %	15.84	6,160.00

**SON:** SEIS MIL DOSCIENTOS NUEVE CON 28/100

<b>Subtotal 12%</b>	6,160.00
<b>Subtotal 0%</b>	0.00
<b>Descuento 1</b>	616.00
<b>Descuento 2</b>	0.00
<b>Subtotal</b>	5,544.00
<b>IVA 12 %</b>	665.28
<b>Valor total</b>	6,209.28

MERCADERIA EN EXISTENCIA SALVO VENTA PREVIA, VALIDEZ DE LA OFERTA 7 DIAS

ELABORADO	REVISADO GERENCIA	RECIBI CONFORME CLIENTE
-----------	----------------------	----------------------------





# Cables de Acero

**APLICACIONES HABITUALES:** *Perforación Petrolera, Scraper (Equipo Petrolero), Skidder, Torre Madero (Mainline) y cable tractor (Forestal), Cable principal (Puente colgante), cable principal (Andariveles y Teleféricos).*

**PRINCIPALES CARACTERISTICAS:** *Gran resistencia al roce, abrasión y compresión, baja elongación, uso muy versátil.*

**RECOMENDACION IMPORTANTE:** *El diámetro mínimo de la polea o tambor debe de ser por lo menos 34 veces el diámetro del Cable.*

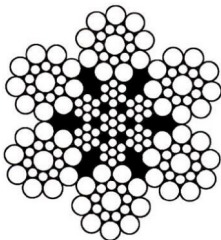


WIRE ROPE  
INDUSTRIES GROUP



ISO 9001:2000

## CABLE DE ACERO EIPS 6X19S+IWRC (9/9/1), NEGRO.



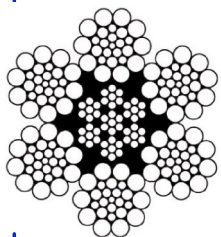
CODIGO ARTICULO	DIAMETRO (PULGADAS)	PESO X 100 MTS EN KGS (APROX.)	CARGA MINIMA DE ROTURA (KGS)
CBL-6X19AAN0250	1/4"	17	3,080
CBL-6X19AAN0313	5/16"	27	4,780
CBL-6X19AAN0375	3/8"	37	6,830
CBL-6X19AAN0438	7/16"	50	9,280
CBL-6X19AAN0500	1/2"	70	12,100
CBL-6X19AAN0563	9/16"	87	15,400
CBL-6X19AAN0625	5/8"	106	19,000
CBL-6X19AAN0750	3/4"	150	27,300
CBL-6X19AAN0875	7/8"	200	37,200
CBL-6X19AAN1000	1"	280	48,600

**APLICACIONES HABITUALES:** *Reparación y Servicio (Work Over) (Equipo Petrolero), Grúa Plegable y Servicios, Winches Auxiliares y Vientos (equipos forestales), Draga (Marítimo), Grúa Móvil Pluma Fija (Siderurgia).*

**PRINCIPALES CARACTERISTICAS:** *Gran resistencia al roce, abrasión y compresión, baja elongación, uso muy versátil.*

**RECOMENDACION IMPORTANTE:** *El diámetro mínimo de la polea o tambor debe de ser por lo menos 30 veces el diámetro del Cable.*

## CABLE ACERO EIPS 6X26WS+IWRC (10/5+5/5/1), NEGRO.



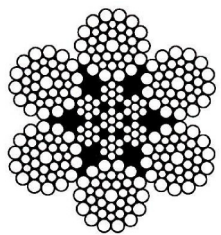
CODIGO ARTICULO	DIAMETRO (PULGADAS)	PESO X 100 MTS EN KGS (APROX.)	CARGA MINIMA DE ROTURA (KGS)
CBL-6x26AAN0750	3/4"	150	27,300
CBL-6x26AAN0875	7/8"	201	37,200
CBL-6x26AAN1000	1"	282	48,600

**APLICACIONES HABITUALES:** *Camión de Servicio (Equipo Petrolero), abre balde, pala, apilador (equipos mineros), cable principal (Puente colgante), winches auxiliares (forestal). Grúas: Portuarias de almeja y pluma fija, puente grúa descarga madera, puente grúa fundición y maestranza, grúa cercha, grúa pluma fija, grúa plegable de servicio.*

**PRINCIPALES CARACTERISTICAS:** *Muy Flexible.*

**RECOMENDACION IMPORTANTE:** *El diámetro mínimo de la polea o tambor debe de ser por lo menos 23 veces el diámetro del Cable.*

## CABLE ACERO EIPS 6X36S+IWRC (14/7+7/7/1), NEGRO.



CODIGO ARTICULO	DIAMETRO (PULGADAS)	PESO X 100 MTS EN KGS (APROX.)	CARGA MINIMA DE ROTURA (KGS)
CBL-6X36AAN0500	1/2"	71	12,500
CBL-6X36AAN0625	5/8"	108	19,000
CBL-6X36AAN0750	3/4"	152	27,300
CBL-6X36AAN0875	7/8"	204	37,200
CBL-6X36AAN1000	1"	285	48,600
CBL-6X36AAN1125	1 1/8"	355	61,600
CBL-6X36AAN1250	1 1/4"	432	75,900
CBL-6X36AAN1375	1 3/8"	530	91,600
CBL-6X36AAN1500	1 1/2"	630	108,000

www.probrisa.com

PROBRISA

### GUAYAQUIL

Coronel 1619 y Portete  
PBX: 4 2448840  
FAX: 4 2442833  
E-mail:  
ventas@probrisa.com

### MANTA

Puerto Marítimo, Patio  
300  
TEL: 5 2621305  
FAX: 5 2621310  
E-mail:  
ventas@probrisa.com

### MANTA

Vía San Juan de Manta  
y Circunvalación.  
TEL: 5 2623196  
FAX: 5 2623378  
E-mail:  
ventas@probrisa.com

### QUITO

Av. 10 de Agosto N-65-  
49 y Bellavista, Local 2  
TELFAX: 2 3463600  
2 3464825  
2 3464435  
E-mail:  
ventas@probrisa.com

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.arquigrafico.com/la-grua-torre-maquinaria-clave-para-la-construcción-moderna>, Grúa Torre
- [2] <http://www.ibergruas.com/pe/ofertas/gruas-torre-potain-usadas-en-Perú>, Grúas Torre Potain.
- [3] [http://www.flickr.com/photos/n\\_desc/363576293/](http://www.flickr.com/photos/n_desc/363576293/), Instalación de Grúa torre
- [4] <http://www.monografias.com/trabajos32/grua-torre/grua-torre.shtml>
- [5] Instituto Nacional de Normalización, INN (1997), NCh2422 Grúa-Torre-Terminología y Clasificación, Santiago, Chile.
- [6] Ing. J. Verschoof (2002), Professional Engineering Publishing Limited, Cranes-Design, Practice, and Maintenance, London and Bury St Edmunds, Reino Unido.
- [7] Emilio Larrodé - Antonio Miravete (1996), Grupo I+D Transporte y Vehículos Área de Ingeniería e infraestructura de los transportes, Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior de Ingenieros, GRÚAS, Universidad de Zaragoza, España
- [8] Nicolás Larburu Arrizabalaga, Máquinas: Técnicas, Máquinas, Herramientas, Paraninfo S.A., Madrid, España
- [9] Catálogo SKF Rodamiento de Giro
- [10] <http://es.scribd.com/doc/70956297/42/Pinon-de-giro#page=32>, Acoplamiento flexible.
- [11] Anexo C: Fuerza de viento de diseño. ANSI/TIA-222-G
- [12] Código Ecuatoriano de la Construcción: Peligro Sísmico, Espectros de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculo Para Diseño Sismo-Resistente

- [13] Grúas Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos III de Madrid
- [14] Liebherr, Catálogo de Torre-Grúa 280 EC-H16, Alemania.
- [15] Patentados.com, Inventos Patentados en España, <http://patentados.com/invento/sistema-para-el-telescopaje-de-la-torre-de-una-grua.html>
- [16] Virgil Moring Faires, Diseño de Elementos de Máquina, Montaner y Simon, S.A., Barcelona, España.
- [17] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 155: Cables de Acero. Centro de Investigación y Asistencia Técnica, Barcelona, España.
- [18] Abel Muñoz Ramírez, Diseño y Cálculo de una Grúa-Torre, Barcelona, España
- [19] Ramiro F. Mena Andrade - José Luis Pérez Díaz (2009), Universidad Carlos III de Madrid, DISEÑO Y CALCULO DE UNA GRUA TORRE, Leganés.
- [20] Centro de Investigación y Asistencia Técnica-Barcelona , NTP 155: Cables de Acero , Barcelona-España
- [21] AENOR (2005), UNE 58132-2, Aparatos de Elevación - Reglas de cálculo.
- [22] AISC, Load and Resistance Factor Design Specification For Structural Steel Buildings (1999)
- [23] Ney Mauricio Ochoa Barros, Diseño de una Torre Grúa para la construcción del edificio portal el ejido en la ciudad de Cuenca(2011)
- [24] <http://diana-patricia.lacoctelera.net/post/2008/10/06/historia-la-grua-torre>, HISTORIA
- [25] [http://www.solidworks.es/sw/products/10164\\_ESN\\_HTML.htm](http://www.solidworks.es/sw/products/10164_ESN_HTML.htm)