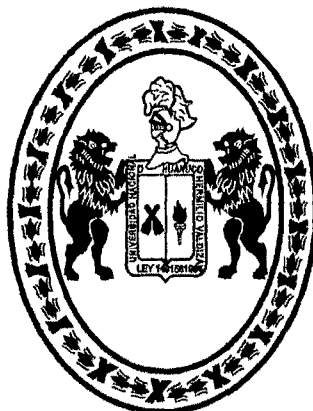


**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”**

**FACULTAD DE INGENIARÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA TORRE DE  
TELECOMUNICACIÓN AUTOSOPORTADA  
CUADRANGULAR DE 120 M - YURIMAGUAS 2014”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**TESISTA**

**MIRIAM ESTEFA SARMIENTO PONCIANO**

**ASESOR**

**ING. MOÍSES EDGARD TORRES RAMÍREZ**

**HUÁNUCO – PERÚ  
2015**

## DEDICATORIA

A Dios, porque bajo su bendición derramada permitió que realizara este proyecto de vida y ser la alegría de mis padres.

A mis padres por su amor, paciencia y consejos que ayudaron a realizarme profesionalmente y convertirme en una persona de bien que pueda servir a la sociedad, a ellos que dejaron de vestirse para educarme, dedico este proyecto de mi vida que es el sueño, anhelo y deseo de ellos.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres Galindo Sarmiento Torres y Gabriela Ponciano Esteban por su amor desinteresado e incondicional y el apoyo brindado a lo largo de mi vida en las diferentes decisiones de cada etapa personal y profesional quienes siempre fueron mi único y principal motivo para lograr mis metas.

A mi hermano Roberto por brindarnos el rol importante de hermano mayor, ser nuestro protector y brindarnos su apoyo moral.

A mis hermanas Katty y Xiomi por estar siempre conmigo y permitirme ser uno de sus ejemplos.

Al Ing. Moisés Edgard Torres Ramírez quién me brindó el asesoramiento en este importante proyecto dedicándole tiempo para su revisión.

## RESUMEN

La elaboración de esta tesis tiene el propósito de dar a conocer el proceso de diseño de la estructura de acero de la torre en el software Ms Tower V06.02.002 bajo la norma ANSI TIA 222G. Para una mejor organización de esta tesis el estudio está dividido en 8 capítulos:

El capítulo I en este capítulo se recapitula información importante del plan de tesis.

En el capítulo II en este capítulo se realiza una introducción al tema de central de la tesis con diversos conceptos básicos de las estructuras de telecomunicación, tipos de torres de telecomunicación, partes o componentes de la estructura a lo largo de toda su altura y normas aplicable.

El capítulo III en este capítulo se describirá ítems importantes de la norma ANSI/TIA-222-G-2005, el cual ha sido elegida como guía para la elaboración del diseño de la torre autosoportada cuadrada de 120 metros de altura: clasificación de cargas, clasificación de la estructura, consideraciones para el diseño de acero estructural, deformaciones permisibles, diseño de miembros a compresión, a tensión, uniones y conexiones.

En el capítulo IV en este capítulo se realiza un resumen del manejo y uso del programa MsTower V06.02.002 descripción de librerías de secciones, modo de dibujo de geometría de una estructura de torre autosoportada, introducción de cargas e interpretación de los resultados.

En el capítulo V en este capítulo se muestra todo lo concerniente a la torre: aspectos generales, especificaciones técnicas de la calidad del material, normas que se usaron, adopción de la geometría de la torre, cargas y combinaciones de diseño de la torre autosoportada de 120m, cálculos de los esfuerzos de diseño de los elementos de la torre según norma ANSI TIA 222G en comparación con el programa Ms Tower V06.02.002, diseño de conexiones y pernos de anclaje.

En el capítulo VI en este capítulo se muestran las conclusiones extraídas del presente proyecto.

En el capítulo VII en este capítulo se encuentra las recomendaciones que surgieron del desarrollo de este proyecto.

En el capítulo VIII se muestra la bibliografía.

Se incluye en el Anexo A: introducción de datos al programa MsTower V6.02.002. en el Anexo B: fotos de la estructura y el anexo C: planos de presentación.

## SUMMARY

The development of this thesis aims to raise awareness of the design process of the steel structure of the tower in the Ms Tower V06.02.002 software with the ANSI TIA 222G standard. For better organization of this thesis, the study is divided into eight chapters:

Chapter I in this chapter recapitulates thesis plan information.

Chapter II we introduce the topic with the various concepts of telecommunications structures: classification of the towers and elements and components of the structure along its entire height and some foundations applicable to the towers.

Chapter III in this chapter important items are described of the ANSI / TIA-222-G-2005 standard, which has been chosen as a guide for the design development of the self-supporting tower 120 square meters: load classification, classification structure, design considerations of structural steel, allowable deformations, design of compression members, tension, joints, and connections.

Chapter IV in this chapter is done a summary of the management and use of MS Tower V6.02.002 program: description of sections libraries, drawing mode geometry of a self-supporting tower structure, introduction of charges and interpretation of results.

Chapter V I in this chapter everything about the tower shown: general aspects, technical specifications quality of the material, standards that were used, making the tower geometry, loads and combinations of design of self-supporting tower 120m , calculations of the design efforts of the elements of the tower as ANSI TIA 222G compared to Ms tower V06.02.002 program , design of connections and bolts

In Chapter VI in this chapter are the conclusions from this project.

In Chapter VII in this chapter are the recommendations that emerged from the development of this project.

In Chapter VIII in this chapter the literatures shows.

It is included in Annex A: input to MsTower V6.02.002 program. Annex B: photos of, the structure and Annex C: presentation drawings

## INDICE

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2.1. FORMULACION DEL PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
1.3. JUSTIFICACION E IMPORTAMCIA.....	2
1.3.1. JUSTIFICACION.....	2
1.3.2. IMPORTANCIA.....	2
1.3.3. LIMITACIONES.....	3
1.4. HIPOTESIS VARIABLES INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES.....	3
1.4.1. HIPOTESIS.....	3
1.4.1.1. HIPOTESIS GENERAL.....	3
1.4.1.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS.....	3
1.4.2. SISTEMA DE VARIABLES- DIMENSIONES E INDICADORES.....	4
1.5. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA.....	4

#### CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLOGICO.....	5
2.1. DEFINICION.....	5
2.2. TIPOS DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES.....	5
2.2.1. TORRES AUTOSOPORTADAS.....	5
2.2.2. TORRES VENTADAS.....	7
2.2.3. TORRES MONOPOLOS.....	8
2.2.4. TORRES AARRIOSTRADAS.....	9
2.3. COMPONENTES DE LAS TORRES DE TELECOMUNICACIÓN.....	10
2.3.1. ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	10
2.3.2. ESCALERA DE ACCESO.....	11
2.3.3. SISTEMA DE SEGURIDAD.....	11
2.3.4. GUÍA ONDAS.....	12
2.3.5. PLATAFORMA DE TRABAJO Y/O DESCANSO.....	12
2.3.6. ESTRELLA ESTABILIZADORA.....	13
2.3.7. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS.....	13
2.3.8. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN NOCTURNO O BALIZAMIENTO NOCTURNO.....	14
2.3.9. BALIZAMIENTO DIURNO.....	14
2.3.10. MIMETIZACIONES.....	14
2.3.11. CONEXIÓN A RED DE TIERRAS.....	16
2.3.12. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.....	16
2.3.13. CIMENTACIÓN.....	17
2.4. NORMAS.....	19

#### CAPÍTULO III

3. NORMA ANSI/TIA-222-G.....	20
3.1. ALCANCES.....	20
3.2. CARGAS.....	20
3.2.1. CARGAS PERMANENTES.....	20

3.2.2. CARGAS DE VIENTO.....	20
3.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.....	20
3.2.2.2. CATEGORÍAS TOPOGRÁFICAS.....	21
3.2.2.3. CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN.....	23
3.2.2.4. CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO.....	24
3.2.2.4.1. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE LA ESTRUCTURA.....	24
3.2.2.4.2. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE LOS ACCESORIOS.....	26
3.2.3. CARGAS SÍSMICAS.....	27
3.2.3.1. ANÁLISIS DINAMICO.....	27
3.2.3.2. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS MODAL.....	27
3.2.3.3. ESPECTRO DE RESPUESTA DISEÑO.....	28
3.2.3.4. CORTANTE EN LA BASE DE LA ESTRUCTURA.....	30
3.2.4. COMBINACIONES DE CARGAS MAYORADAS.....	31
3.2.5. REQUISITOS DE SERVICIABILIDAD.....	31
3.2.5.1. DEFORMACIONES.....	31
3.2.5.2. CARGAS DE SERVICIO.....	32
3.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL ACERO ESTRUCTURAL.....	32
3.3.1. RELACIONES DE ESBELTEZ.....	32
3.3.2. ESBELTEZ DE ELEMENTOS ARMADOS.....	32
3.4. DISEÑO DE MIEMBROS A COMPRESIÓN.....	33
3.4.1. TENSIÓN DE FLUENCIA EFECTIVA.....	33
3.4.2. RESISTENCIA AXIAL DE DISEÑO.....	33
3.5. DISEÑO DE MIEMBROS A TRACCIÓN.....	34
3.5.1. ÁREA NETA.....	34
3.5.2. ÁREA NETA EFECTIVA.....	35
3.6. UNIONES.....	35
3.6.1. PERNOS.....	35
3.6.2. DISTANCIAS A LOS BORDES.....	35
3.6.3. RESISTENCIA DE LAS UNIONES.....	36
3.6.3.1. RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO.....	36
3.6.3.2. RESISTENCIA AL CORTE.....	36
3.6.4. ELEMENTOS DE UNIÓN.....	36
3.6.5. EMPALMES.....	37
3.7. PERNOS DE ANCLAJE.....	37

#### CAPÍTULO IV

4. INGRESO DE DATOS Y MANEJO DE LOS RESULTADOS EN EL PROGRAMA	
MSTOWER V6.02.002.....	39
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.....	39
4.2. LIBRERÍA DEL PROGRAMA.....	40
4.2.1. LIBRERÍA DE SECCIONES.....	40
4.2.2. LIBRERÍA DE CARGAS.....	42
4.2.3. LIBRERÍA DE CABLES.....	42
4.3. INGRESO DE DATOS.....	42
4.3.1. ELEMENTOS DE UN PANEL.....	42
4.3.2. GEOMETRÍA.....	43
4.3.3. UDP.....	46
4.3.4. CARGAS.....	46
4.4. RESULTADOS DE DISEÑO.....	49
4.4.1. RATIOS.....	49
4.4.2. VERIFICACIÓN DE LÍMITES PERMISIBLES (DISTORSIONES).....	50

#### CAPÍTULO V

5. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA DE 120M DE ALTURA.....	51
5.1. ALCANCES.....	51

5.1.1. PROYECTO.....	51
5.1.2. UBICACIÓN.....	51
5.1.3. ELECCION DEL TIPO DE TORRE.....	53
5.1.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO A REALIZAR.....	53
5.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	54
5.3. NORMAS.....	54
5.4. GEOMETRIA.....	54
5.4.1. MODELO GENERADO EN EL MSTOWER V06.02.002.....	56
5.5. CALCULOS PARA EL DISEÑO.....	58
5.5.1. PROPIEDADES GEOMETRICAS DEL ANGULOS SIMPLES.....	58
5.5.2. PROPIEDADES GEOMETRICAS DEL ANGULOS DOBLES EN CRUZ.....	59
5.6. CARGAS	
5.6.1. CARGA PERMANENTE.....	59
5.6.2. CARGA DE VIENTO.....	61
5.6.3. CARGA DE SISMO.....	64
5.7. COMBINACIONES DE CARGA.....	73
5.8. ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN.....	74
5.9. RESISTENCIA A COMPRESION DEL PERFIL MAS CARGADO.....	75
5.10. RESISTENCIA A TRACCION DEL PERFIL MAS CARGADO.....	77
5.11. CONEXIONES.....	78
5.11.1. CALCULO DE UNION DE MONTANTES.....	78
5.11.2. CALCULO DE UNION MONTANTE DIAGONAL.....	81
5.11.3. CALCULO DE PERNOS DE ANCLAJE.....	83
CAPITULO VI	
6. CONCLUSIONES.....	84
CAPITULO VII	
7. RECOMENDACIONES.....	85
CAPITULO VIII	
8. BIBLIOGRAFIA.....	86
ANEXOS	
ANEXO A: MODELAMIENTO DE TORRE EN MS TOWER V6.02.002.....	87
ANEXO B: FOTOS.....	120
ANEXO C: PLANOS DE PRESENTACION DE TORRE DE 120M.....	128



## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1.- Vista en planta de torre Autosoportada	5
Figura N° 2.2.- Vista frontal de torre autosoportada en Ms Tower	6
Figura N° 2.3.- Vista de torre autosoportada	6
Figura N° 2.4.- Vista en planta de torre ventada	7
Figura N° 2.5.- Geometría de torre ventada en Ms Tower	7
Figura N° 2.6.- Vista de torre ventada.	8
Figura N° 2.7.- Geometría del monopolo en Ms Tower	8
Figura N° 2.8.- Vista de monopolo.	9
Figura N° 2.9.- Vista en planta de la torre arriostrada en Ms Tower	9
Figura N° 2.10.- Vista frontal de torre arriostrada en Ms Tower	10
Figura N° 2.11.- Vista de torre arriostrada.	10
Figura N° 2.12.- Escalera de acceso, fondo escalera de cables	11
Figura N° 2.13.- Escalera de acceso, fondo escalera de cables	11
Figura N° 2.14.- Guía de onda en la torre.	12
Figura N° 2.15.- Plataforma de trabajo o descanso	12
Figura N° 2.16.- Estrella Estabilizadora, para torres ventadas	13
Figura N° 2.17.- Pararrayo y balizaje nocturno	13
Figura N° 2.18.- Balizaje diurno	14
Figura N° 2.19.- Mimetizados de torre monopolo tipo panel triangular.	14
Figura N° 2.20.- Mimetizados de torre monopolo tipo panel circular.	15
Figura N° 2.21.- Mimetizados de torre monopolo tipo árbol de palmera.	15
Figura N° 2.22.- Mimetizados de torre monopolo tipo chimenea.	16
Figura N° 2.23.- Cimentación para monopolo	17
Figura N° 2.24.- Cimentación para torres autosoportadas triangulares	18
Figura N° 2.25.- Cimentaciones Profundas con Pilotes para torres autosoportadas triangulares -	18
Figura N° 2.26.- Modelado en el Software SAFE de plateas de cimentación para torres autosoportadas.	18
Figura N° 3.1.- Ubicación de torre en terreno llano	21
Figura N° 3.2.- Ubicación de torre en cresta	22
Figura N° 3.3.- Ubicación de torre en un colina	22
Figura N° 3.4.- Ubicación de torre en una cuchilla	22
Figura N° 3.5.- Espectro de respuesta de diseño (Fuente: Norma ANSI TIA 222G)	28
Figura N° 4.1.- Ventana de visualización de la librería de secciones	40
Figura N° 4.2.- Ventana de visualización de librería de cargas y cables	42
Figura N° 4.3.- Imagen de base de torre autosoportada en el MsTower V6.02.002	42
Figura N° 4.4.- Imagen de del TEKLA	43
Figura N° 4.5.- Imágen de cuerpo de torre ventada y monopolo en el MsTower V6.0	43

Figura N° 4.6.- Ventana de visualización de ingreso a ventana de ingreso de geometría de torre.	44
Figura N° 4.7.- Ventana de comando de ingreso de geometría de Ms Tower V6.02.002	44
Figura N° 4.8.- Ventana de visualización de ingreso a ventana de edición de UDP de torre.	46
Figura N° 4.9.- Imagen de vista de ventana MsTower V6.02.002 y comando de ingreso de cargas.	46
Figura N° 4.10.- Recorrido de visualización de vista desplazamientos de una torre en el MsTower V6.02.002	49
Figura N° 5.1.- Ubicación del proyecto en el mapa del Perú.	52
Figura N° 5.2.- Ubicación del proyecto en el Mapa del departamento Loreto	52
Figura N° 5.3.- Vista en elevación de la torre	55
Figura N° 5.4.- Vista de enumeración de nudos de la torre en el Ms Tower V06.02.002	56
Figura N° 5.5.- Vista de enumeración de elementos de la torre en el Ms Tower V06.02.002	57
Figura N° 5.6.- Sección transversal de Perfiles angulares a 90°	58
Figura N° 5.7.- Vista de sección transversal de perfiles armados	59
Figura N° 5.8.- Mapa eólico del Perú (Fuente: Norma E.020)	61
Figura N° 5.9.- Presión dinámica vs altura de torre	64
Figura N° 5.10.- Aceleración máxima para períodos cortos con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)	65
Figura N° 5.11.- Aceleración máxima para períodos de 1 segundo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)	66
Figura N° 5.12.- Aceleración máxima para períodos cortos con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años - Yurimaguas. (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)	67
Figura N° 5.13.- Aceleración máxima para períodos de 1 segundo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años - Yurimaguas. (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)	67
Figura N° 5.14.- Espectro de aceleración.	69
Figura N° 5.15.- Espectro de Aceleración ingresado en el SAP2000	70
Figura N° 5.16.- Primer y segundo modo de vibración de la estructura	70
Figura N° 5.17.- Desplazamiento de la estructura en la dirección X-X	71
Figura N° 5.18.- Desplazamiento de la estructura en la dirección Y-Y	71
Figura N° 5.19.- Cortante en la base en la dirección X-X	72
Figura N° 5.20.- Cortante en la base en la dirección Y-Y	72
Figura N° 5.21.- Relaciones altura/ancho (Fuente: ANSI TIA 222G)	74
Figura N° 5.22.- Cálculo de inercia	75
Figura N° 5.23.- Cálculo de w	76
Figura N° 5.24.- Conexión de Montante con montante de perfiles armados	78
Figura N° 5.25.- Conexión de Diagonal con Montante	81
Figura N° A.1.- Modelo 3D de la torre utosoportada de 120m	88

Figura N° A.2.- Vista en elevación	89
Figura N° A.3.- Vista en planta ubicación de antenas	90
Figura N° A.4.- Vista en planta de torre autosoportada	90
Figura N° A.5.- Vista en elevación ubicación de antenas	95
Figura N° A.6.- Vista de ratios de ratios de la estructura.	99
Figura N° A.7.- Vista de desplazamientos y rotaciones	119
Figura N° B.1.- Vista panorámica del site.	121
Figura N° B.2.- Vista panorámica de una torre.	121
Figura N° B.3.- Terreno de emplazamiento de la torre	122
Figura N° B.4.- Acceso peatonal en sector de torre.	122
Figura N° B.5.- Trabajos de medición del sistema de aterramiento	123
Figura N° B.6.- Relleno en zona de paneles solares (zona inundable).	123
Figura N° B.7.- Corregir alineamiento de escalerilla horizontal de sala de equipos hacia paneles solares.	124
Figura N° B.8.- Terreno en el site, terreno debajo de sala de equipos, inundable.	124
Figura N° B.9.- Instalación eléctrica de grupo electrógeno de manera provisional.	125
Figura N° B.10.- Vista de pernos de anclaje.	125
Figura N° B.11.- Ductos de aterramiento	126
Figura N° B.12.- Plancha de apoyo de montantes nivelados.	126
Figura N° B.13.- Dado de concreto a nivel de terreno natural, postes metálicos de cerco.	127

#### LISTADO DE CUADROS

Tabla N° 1.1.- Sistema de variables- dimensiones e indicadores	4
Tabla N° 3.1.- Clasificación de la Estructura	21
Tabla N° 3.2.- Factor de Importancia	21
Tabla N° 3.3.- Coeficientes de categoría topográfica	22
Tabla N° 3.4.- Coeficientes según categoría de Exposición	23
Tabla N° 3.5.- Factor de Probabilidad de Dirección del Viento	23
Tabla N° 3.6.- Factores de direcciones de viento	26
Tabla N° 3.7.- Coeficientes de fuerza para los accesorios.	27
Tabla N° 3.8.- Coeficiente del predio dependiente de la aceleración, $F_a$	29
Tabla N° 3.9.- Coeficiente del predio dependiente de la velocidad, $F_v$	29
Tabla N° 3.10.- Definición de clase de un predio.	30
Tabla N° 5.1.- Propiedades geométricas de perfiles simple utilizados	55
Tabla N° 5.2.- Propiedades geométricas de perfiles dobles utilizados	56
Tabla N° 5.3.- Presión de viento	60-61
Tabla N° 6.1.- Tabla de distorsiones de la estructura	84
Tabla N° 6.2.- Resumen de ratios de la estructura	84

## INTRODUCCIÓN

El uso generalizado de servicios de comunicación alámbrica e inalámbrica ha tenido como consecuencia la construcción de torres de telecomunicaciones que contienen dispositivos de transmisión para teléfonos celulares, servicios personales de comunicaciones y antenas de radio y teledifusión. Las torres de telecomunicaciones pueden ser de varios tipos y de diferentes alturas.

Aunque la telecomunicación como estudio unificado de las comunicaciones a distancia es una idea reciente, siempre han existido medios de comunicación que también son estudiados por esta disciplina. A lo largo de la historia han existido diferentes situaciones en las que ha sido necesaria una comunicación a distancia, como en la guerra o en el comercio. Sin embargo, la base académica para el estudio de estos medios, como la teoría de la información, datan de mediados del siglo XX.

En la actualidad en la sociedad la comunicación pasó a ser un servicio básico que debemos cubrir sin embargo estos se encuentran alejados de las comunidades en donde las personas también necesitan una calidad de vida, por lo cual, es necesario que se construyan Estaciones Base de torres de Telecomunicación para poder brindar a las poblaciones los servicios que requieran.

Esta necesidad también era indispensable para los habitantes de Iquitos en sus diferentes zonas donde finalmente se llegó a contar con una conexión a Internet de Banda Ancha más rápida

La elaboración de esta tesis tiene el propósito de dar a conocer el proceso de diseño de la estructura de acero de la torre en el software Ms Tower V06.02.002 bajo la norma ANSI TIA 222G. Para una mejor organización de esta tesis el estudio está dividido en once capítulos:

En el presente proyecto, se realizó un análisis de cargas y factores a los que están sometidas las estructuras de torres de telecomunicación dependiendo del lugar de emplazamiento como son:

- Cargas debidas al peso propio de la estructura, conexiones etc.
- Cargas de viento

Todo con el fin de tomar en consideración cada uno de los ítems para realizar un diseño asegurándose de proveer una larga vida útil a la estructura.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.1.1. Antecedentes y fundamentación del problema

Una torre de telecomunicación es una estructura de acero, que a lo largo de toda su altura tiene componentes llamados paneles. Estando conformado por las montantes, diagonales, horizontales, redundantes horizontales, etc.; antenas, escaleras de acceso, elementos de seguridad, plataforma de trabajo, balizamiento diurno, sistema de protección contra descargas, etc.

De todo lo anterior las cargas más importantes son las antenas tipo radio frecuencia (RF) y las antenas parabólicas llamadas microondas (MW) quienes se encargan de recibir y transmitir señales que hace posible la comunicación.

**Carrasco, A. (Junio, 2009).** Define las componentes de la torre, las normas así como también se describen los condicionantes técnicos y calidades que han de cumplir los diferentes materiales que forman parte de la estructura soporte de antenas. Asimismo, se indican los requisitos que han de cumplir durante el proceso de fabricación y ejecución de las estructuras metálicas de acuerdo con los requisitos de diseño y cálculo indicados en los apartados correspondientes y entabla sugerencias después del cálculo.

**ANSI-TIA222G. (2005).** Describe las combinaciones de cargas para estado límite de resistencia. Las estructuras y fundaciones se deberán diseñar de manera tal que su resistencia de diseño sea mayor o igual que las solicitaciones debidas a las cargas mayoradas para cada una de las siguientes combinaciones correspondientes al estado límite:

1.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
2.  $0.9 D + 1.0 D_g + 1.6 W_o$
3.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 D_i + 1.0 W_i + 1.0 T_i$
4.  $1.2 D + 1.0 D_g + 1.0 E$
5.  $0.9 D + 1.0 D_g + 1.0 E$

D = carga permanente de la estructura y los accesorios, excluyendo las riendas;

D<sub>g</sub> = carga permanente de las riendas;

D<sub>i</sub> = peso de hielo debido al espesor de hielo mayorado;

E = carga sísmica;

T<sub>i</sub> = solicitaciones debidas a la temperatura;

W<sub>o</sub> = carga de viento sin hielo;

W<sub>i</sub> = carga de viento concurrente con espesor de hielo mayorado.

**ANSI/TIA-222-G. (2005).** Describe las consideraciones sísmicas. Cuando una estructura de celosía autosoportada apoye sobre fundaciones independientes y esté ubicada en una región donde la aceleración de respuesta espectral sísmica para períodos cortos, S<sub>s</sub>, de acuerdo con 2.7.5 sea mayor que 1.00, las fundaciones se deberán conectar entre sí en la base mediante una viga de cimentación u otro

dispositivo similar. La viga de cimentación u otro dispositivo similar deberá resistir 2/3 del corte sísmico total calculado de acuerdo con 2.7.3 en compresión y tracción.

**Manual de Mstower V6.0 (abril, 2008).** Brinda todos los elementos básicos para el manejo del programa Mstower V6, sean para torres de telecomunicaciones o torres eléctricas, lo que en si interesa son las formas y figuras de distribución de elementos estructurales y forma de alimentar cargas.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Formulación del problema general**

¿Contribuye conocer el método de diseño según norma ANSI TIA 222G y el manejo del software MsTower V06.02.002 al diseño de una torre de telecomunicación autoportada de 120M de altura?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Dar a conocer el método y proceso de diseño bajo la norma ANSI TIA 222G,asimismo, enseñar el manejo, características y ventajas del software empleado MsTower V6.02.002 para el diseño óptimo en el menor tiempo posible de la torre autoportada de 120m de altura.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Difundir dicha investigación a todo aquel que desee conocer e investigar más sobre temas afines.
- Establecer relación entre las variables que inciden en la tipología de las torres de telecomunicación.
- Superar las deficiencias de telecomunicación en función a las condiciones geográficas a ubicar la torre de telecomunicación.
- Plantear los diversos aspectos de diseño tales como forma y dimensiones que puede tener la estructura.
- Analizar el comportamiento de la estructura en situaciones críticas y qué se puede hacer para reforzar estos puntos de riesgo.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación**

- Desde el punto de vista teórico, el presente trabajo de investigación permitirá ampliar y profundizar la información teórica al profesional acerca del presente informe.
- Desde la perspectiva metodológica, servirá como una guía para tomarlo como referencia didáctica.

### **1.3.1. Importancia**

- La importancia radica en que actualmente estas actividades de diseño de torres de telecomunicación tienen una demanda considerable en el mercado y viendo que

dicha actividad se presenta a nivel nacional y está íntimamente ligada a nuestra carrera, los ingenieros civiles somos los principales actores para llevar a cabo todo este proceso de planificación, diseño estructural y proceso constructivo de las diferentes estructuras de telecomunicación por lo cual es una ocasión importante para incrementar mis conocimientos en la investigación del método de diseño de estas importantes estructuras de acero.

### 1.3.2. Limitaciones

- Limitación de textos relacionados a este tema.
- Software no muy conocido dentro de la ingeniería civil.
- Pocos antecedentes de diseño de este tipo, estructuralmente y cimentación.

## 1.4. HIPOTESIS, VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

### 1.4.1. Hipótesis

#### 1.4.1.1. Hipótesis general

El estudio de normas que rigen las torres de telecomunicación mejorará el diseño de torres de telecomunicación autosoportadas en lo posterior.

#### 1.4.1.2. Hipótesis específicas

- El diseño mejorará si se cambiara la forma de la base de la torre autosoportada.
- Si se consideran las cargas de sismo, influirá en el resultado del diseño de la torre.
- Las cargas de viento será un factor determinante en el diseño de la torre.
- El área de exposición de las antenas influirá directamente en las distorsiones de la torre.
- La longitud de la altura de los paneles determina los esfuerzos actuantes en la torre.
- Si hubiera mayor bibliografía el estudio de torres de telecomunicación sería más efectivo.

### 1.4.2. Sistema de variables- dimensiones e indicadores

Tabla N°1.1. Sistema de variables- dimensiones e indicadores

	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	
INDEPENDIENTES	CARGAS	PESO PROPIO	Peso del acero	Tn	
		VIENTO	Velocidad del viento	km/H	
		TEMPERATURA	Cambio de Temperatura	C°	
		SISMOS	Peso de cargas	Tn	
	MATERIALES	ACERO	A36		Fu = 250MPa Fy = 408 Mpa
			A572		Fu = 345 MPA Fy = 552MPa
	NORMAS	E 020 (ASCE 7- 02)	Velocidad de viento		Km/h
		E 030	Aceleraciones de suelo		m2/s
		ANSI TIA 222G (LRFD 99)	Diseño y Combinaciones de carga		
	DEPENDIENTES	ARQUITECTURA	FORMA	Triangular	
Cuadrangular					
TIPO			Monopolo		
			Torre Arriostrada		
			Torre Ventada		
			Torre Autosoportada		
ANALISIS ESTRUCTURAL		UBICACIÓN	Suelo a cimentar		
		RATIOS	Ratio		< 1
		ESBELTEZ	Columnas		<150
			Horizontales		<250
ANGULOS DE DISTORSION	Diagonales		<200		
	Deflexión		<0.75		
		Torsión		<0.75	

Fuente: Elaboración Propia – junio del 2014

### 1.5. UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

La red de transporte de telecomunicaciones cuenta con 11 estaciones de 125m y 120 metros de altura, ubicadas en las localidades de: Nueva Esperanza, La Providencia, Lagunas, Pucacuro, Urarinas, Saramuro, San Roque, Castilla, Miraflores, San Regis y Nuevo Fortuna. Estas representan las Estaciones Base de este proyecto. Luego para poder abastecer localmente a cada comunidad de Yurimaguas se mandaron a diseñar y/o construir por cada una 70 torres de 50-70m de altura torres autosoportadas.

Por lo tanto considerando las alturas a diseñarse veo necesario solo tomar el diseño de la torre de 120m de altura ya que es el mismo método de diseño para las demás 10 torres de gran altura y para los abastecedores locales.

De lo descrito, considerando las alturas a diseñarse veo necesario solo tomar como investigación el diseño de la torre de 120m de altura ya que es el mismo método de diseño para las demás 10 torres de gran altura y para los abastecedores locales.



## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLIGO

#### 2.1. DEFINICION

Las torres de telecomunicación son estructuras que sirven de soporte a los sistemas radiantes que tienen entre sus elementos a la antena o arreglos de antenas de las estaciones radioeléctricas, dicha antena sirve para la transmisión y/o recepción de señales radioeléctricas (ondas electromagnéticas).

Las estaciones de telecomunicaciones es la Infraestructura necesaria para prestar de servicios públicos de telecomunicaciones o instalación que establece una red de canales o circuitos para conducir señales de voz, audio, datos, textos, imágenes u otras señales de cualquier naturaleza, entre dos o más puntos definidos por medio de un conjunto de líneas físicas. Enlaces radioeléctricos, ópticos de cualquier otro tipo, así como por los dispositivos equipos de conmutación asociados para tal efecto.

#### 2.2. TIPOS DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES

El tipo y dimensiones de una torre dependen de varios factores a considerar para su respectiva elección:

- ✓ El sistema de comunicación a instalar.
- ✓ El terreno disponible.
- ✓ Tipo y cantidad de antenas a instalar.
- ✓ Ubicación para las consideraciones de los factores de viento y sismo.

##### 2.2.1. Torres autosoportadas ( $H_{max}=125.00m$ )

Estas torres se construyen sobre terrenos libres, en áreas urbanas y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre.

Esta geometría permite el acceso por el interior de la torre, mediante una escala que a su vez puede ser equipada con cable o riel de seguridad y soportes de cables coaxiales, armables en terreno, todos sus elementos son unidos mediante pernos.

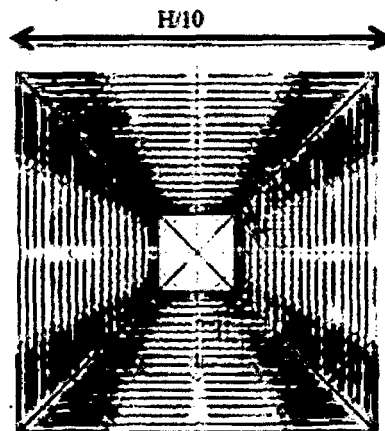


Figura N° 2.1.- Vista en planta de torre Autosoportada

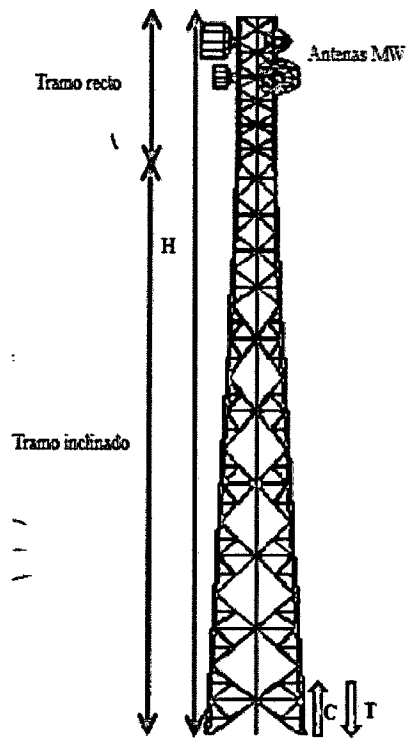


Figura N° 2.2.- Vista frontal de torre autoportada en MsTower

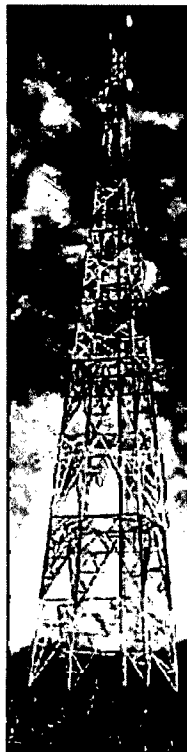


Figura N° 2.3.- Vista de torre autoportada

### 2.2.2. Torres ventadas (Hmax=120.00m)

Las torres metálicas ventadas serán de sección triangular y estarán conformadas por perfiles angulares o tubulares en los montantes; perfiles angulares, platinas o barras corrugadas en elementos diagonales; perfiles angulares, platinas en elementos horizontales y redundantes y cables de acero como riostras.

Se fabrican en módulos de 3 ó 6 metros totalmente armables en terreno, todos los elementos unidos mediante pernos. Escalera interior de acceso con soportes para cables coaxiales.

El ancho de la sección es usualmente de 30cm, 40cm y 50cm.

Los cables o arriostres generalmente se tensan al 10% de su resistencia, la cual es proporcionada por el fabricante. Así, por ejemplo, si el cable tiene una resistencia a la ruptura de 4.95 Ton en tensión, entonces se acostumbra tensar los cables a 0.495 Ton. También se pueden tensar los cables con diferentes fuerzas, calculando una tensión tal que el sistema este en equilibrio.

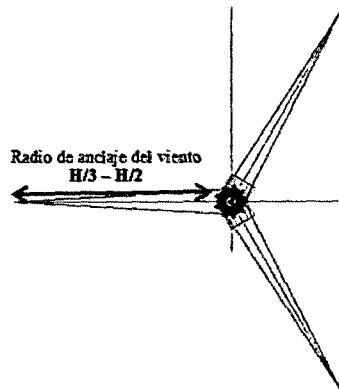


Figura N° 2.4.- Vista en planta de torre ventada

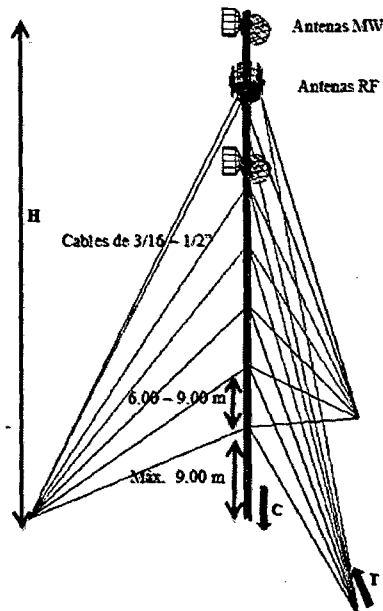


Figura N° 2.5.- Geometría de torre ventada en MsTower

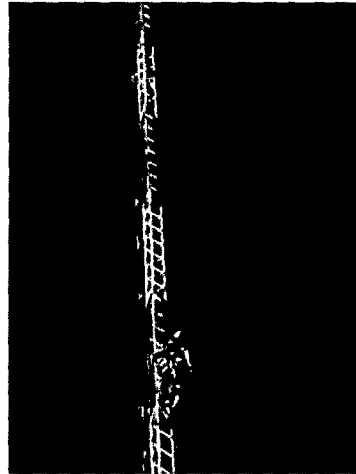


Figura N° 2.6.- Vista de torre ventada.

### 2.2.3. Torres monopolos (Hmax=48.00m)

Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la Estética, pues son las que ocupan menos espacio. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá de construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la misma.

Todos los monopolos son cuidadosamente diseñados y calculados, son completamente galvanizados en calientes y cuentan con escaleras de acceso con sistemas anticaídas. Además existen diferentes modelos de plataformas y accesorios ajustándose a las necesidades del cliente.

Los monopolos tipo escalonado (step), son fáciles de transportar e instalar. El monopolo plegado se diferencia del monopolo escalonado en el hecho que las secciones van embutidas en la otra.

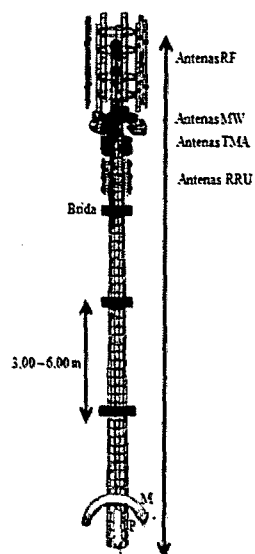


Figura N° 2.7.- Geometría del monopolo en MsTower

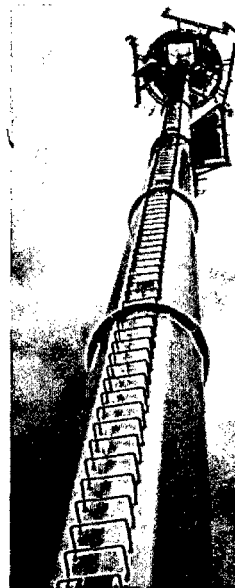


Figura N° 2.8.- Vista de monopolo.

#### 2.2.4. Torres arriostradas (Hmax=21.00m)

Muchas veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias.

El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación, sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torre y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, porque la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, porque este podría fallar. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde está apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.

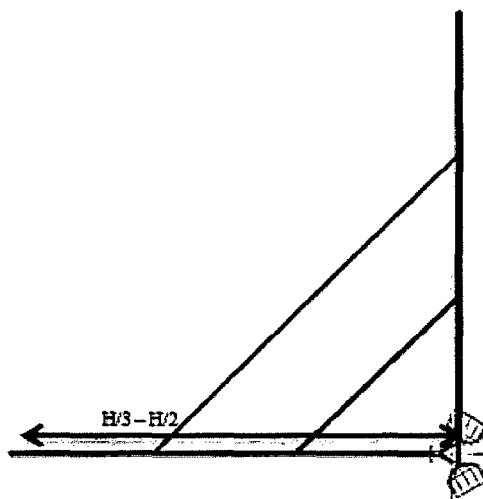


Figura N° 2.9.-Vista en planta de la torre arriostrada en MsTower.

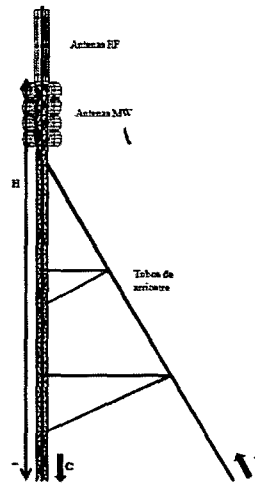


Figura N° 2.10.- Vista frontal de torre arriostrada en MsTower

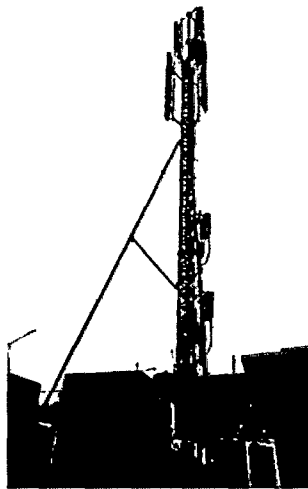


Figura N° 2.11.- Vista de torre arriostrada.

## 2.3. COMPONENTES DE LAS TORRES DE TELECOMUNICACIÓN

### 2.3.1. Estructura principal

Es toda la estructura compuesto por sus elementos perfiles angulares a lo largo de su altura: montante, horizontal, diagonal, techos, redundantes, placas de unión de elementos diagonales y secundarios, diafragma y tornillería.

Su principal función es proporcionar un soporte adecuado a todo tipo de antenas y componentes a instalar en las torres. Debe proporcionar la estabilidad y resistencia necesarias, y proporcionar la altura adecuada para que el campo de acción de los componentes de telecomunicación realice su tarea y no se vea obstaculizado por otros elementos. Siempre buscando la solución más ligera posible y económica.

Suelen estar realizadas de perfiles de acero laminado en caliente (planchas de acero para tipo monopolo) fabricados por la propias empresas o bien utilizando materiales prefabricados, estos perfiles están catalogados en la norma.

### 2.3.2. Escalera de acceso

Son escaleras fijas que se encuentran situadas verticalmente a lo largo de la torre, mediante elemento de ensamblaje, y permiten el acceso a la torre a cualquier altura, para cualquier labor de mantenimiento o instalación. Pueden ser interior o en casos donde el tamaño de la torre no se suficiente esta se colocará en el lado lateral de las torres.

Están compuestas por peldaños de barras lisas de acero y por normativa han de tener estos una medida de 40cm.

Para estructuras que formen con la horizontal un ángulo menor de  $30^\circ$  y su paso sea inferior a 37cm se podrá utilizar el reticulado como escalera. Generalmente son usados en torres ventadas y arriostradas.

Para estructuras que formen con la horizontal un ángulo menor de  $30^\circ$  y su paso sea inferior a 37cm se podrá utilizar el reticulado como escalera. Generalmente son usados en torres ventadas y arriostradas.

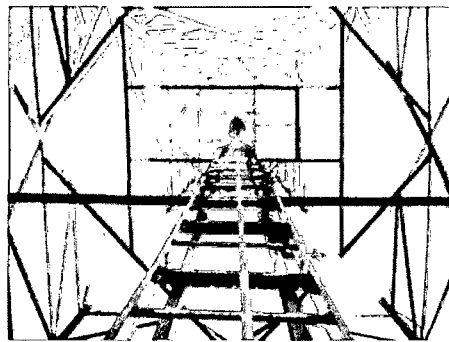


Figura N° 2.12.- Escalera de acceso, fondo escalera de cables

### 2.3.3. Sistema de seguridad

Por normativa en Prevención de Riesgos Laborales, toda torre debe estar provista de un sistema de seguridad o una línea de vida, a la cual toda persona que desee acceder debe utilizar, conectándose a él mediante su arnés o cinturón.

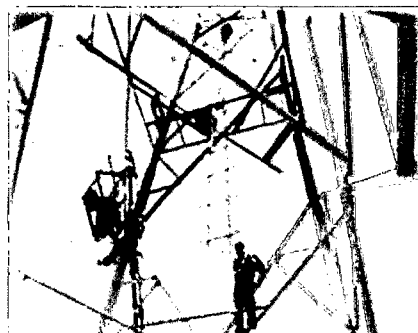


Figura N°2.13.- Línea de vida para operario.

### 2.3.4. Guía ondas

Este elemento permite facilitar el recorrido vertical a la misma distancia de la torre hasta llegar al pararrayos de los cables que unen antenas y equipos a lo largos de las torres. Se ubican en posición horizontal, a lo largo de la torre.

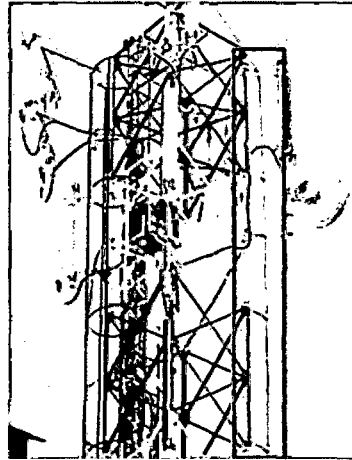


Figura N° 2.14.- Guía de onda en la torre.

### 2.3.5. Plataforma de trabajo y/o descanso

Deben existir en toda torre unas plataformas de trabajo y de descanso a lo largo de esta, para la instalación y mantenimientos de todo tipo de elementos de telecomunicaciones. Se encuentran situadas a las alturas requeridas, en el caso de las plataformas de trabajo circundan todo el perímetro de la torre, es decir los 360°, para facilitar cualquier tipo de operación sobre esta. Por el contrario las plataformas de descanso, suelen tener un tamaño reducido, pues su misión es proporcionar un espacio al trabajador donde puede realizar una pausa, sin correr ningún riesgo, al subir o bajar de la torre. Su estructura suele estar fabricadas del material de la torre, con planchas de acero estriados y se completan con puertas abatibles y barandillas de protección.

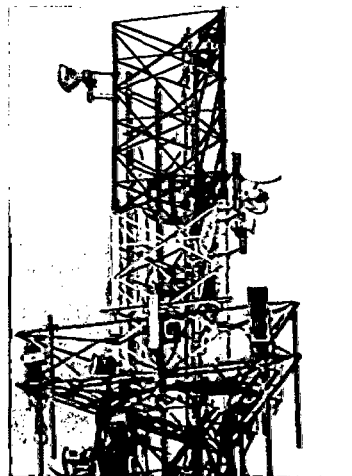


Figura N° 2.15.- Plataforma de trabajo o descanso



### 2.3.6. Estrella estabilizadora

Este componente únicamente se utiliza en el caso de las torres ventadas. Consiste en una estructura auxiliar sobre la torre cuya función es impedir la posible torsión, producida por el efecto de los cables que sujetan la estructura, ya que la acción de estos tiende a desestabilizarla creando momentos torsores en los puntos de anclaje de la torre.

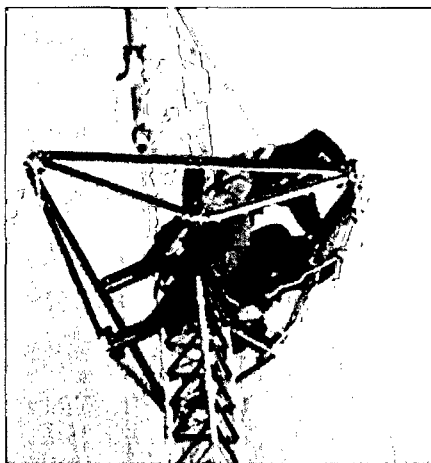


Figura N° 2.16.- Estrella Estabilizadora, para torres ventadas

### 2.3.7. Sistema de protección contra descargas

La protección contra descargas eléctricas atmosféricas en la torres se efectúa mediante la colocación de pararrayos en la cúspide de la misma y un cable a lo largo de toda la longitud de la torre hasta la tierra. Aunque en la práctica suele ser más conveniente la utilización de la propia torre para llevar la energía del rayo hacia la tierra ya que es menor su inductancia.

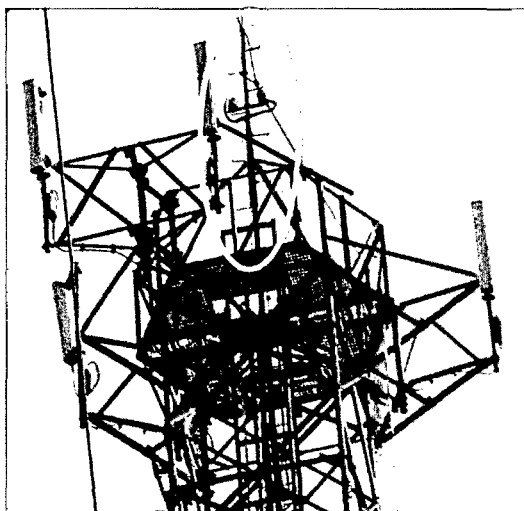


Figura N° 2.17.- Pararrayo y balizaje nocturno

### 2.3.8. Sistema de señalización nocturno o balizamiento nocturno

El balizamiento nocturno consiste en la instalación de un equipos de baliza en la cúspide de las torres y un equipo de reserva, tal y como obliga el reglamento de la O.A.C.I. (Organización Internacional de la Aviación Civil).

Su principal función es el impacto de aeronaves durante la noche o en situaciones de visibilidad reducida, se han de colocar en estructuras que superen los 25m.

Funcionan mediante una cédula que capta la luminosidad, y toma los valores, cuando esta es inferior al dato que tiene almacenado, automáticamente se activan.

### 2.3.9. Balizamiento diurno

Para el balizamiento diurno se utilizará pintura acrílica, látex base agua o poliuretano en franjas de colores rojo y blanco alternados, cumpliendo así el reglamento de la I.C.A.O. (International Civil Aviation Organization). Este se ha de componer de 7 franjas, siendo 4 de estas rojas y la 3 restantes blancas. Por tanto, siempre se ha de iniciar con rojo y ha de terminar se con el mismo color.

Este tipo de balizamiento no es obligatorio para todas las torres, únicamente se aplicará en zonas dónde sea zona de paso de aeronaves y zonas colindantes.



Figura N° 2.18.- Balizaje diurno

### 2.3.10. Mimetizados

En la actualidad además de la instalación de torres monopolo, se están instalando debido a la repercusión que está teniendo el tema de la radiaciones en cuanto a la salud, se está procediendo a instalar algunos "adornos" cuya misión es ocultar las antenas y equipos de transmisión, y no causar un fuerte impacto visual.

Se aprovecha estas pequeñas estructuras, para la instalación de carteles publicitarios, suelen se cilíndricos o triangulares, y suelen estar realizados de fibra de carbono, que permitan pasar las radiaciones que emiten las antenas a través de ellas.

Es muy importante tener en cuenta este tipo de objetos, a la hora de realizar el cálculo de estructuras puesto que aumenta el peso y resistencia al viento.

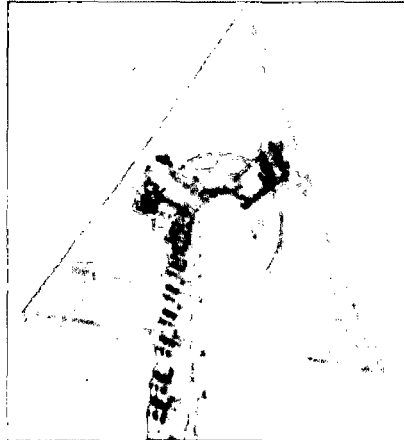


Figura N° 2.19.- Mimetizados de torre monopolo tipo panel triangular.



Figura N° 2.20.- Mimetizados de torre monopolo tipo panel circular.



Figura N° 2.21.- Mimetizados de torre monopolo tipo árbol de palmera.

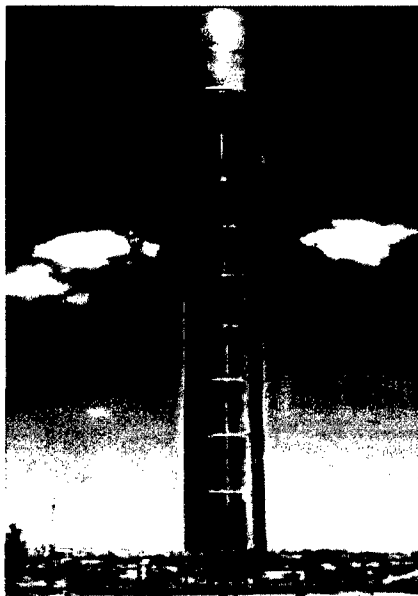


Figura N° 2.22.- Mimetizados de torre monopolo tipo chimenea.

### 2.3.11. Sistema de puesta a tierras

Se emplea esta medida se consigue que la torres pueda enviar al sistema de tierras cualquier derivación indebida o posibles descargas eléctricas que pueda recibir, y reducir al máximo el impacto de estas sobre los equipos que trabajan en la estación base.

Se realiza soldando un cable de cobre o aluminio forrado a cada una de las patas de la torre y conectando dicho cable con la red de tierras. Es importante que el cable de tierra se encuentre forrado, ya que si no debido al entrar en contacto con el acero, formaría celda galvánica y en consecuencia el acero se corroe con el consiguiente deterioro y pérdida de propiedades de las estructura.

### 2.3.12. Protección contra la corrosión

Desde un primer momento se considera la protección contra la corrosión en los elementos que configuran la totalidad de la torre, desde perfiles hasta soldaduras, pasando por tuercas, tornillos y demás accesorios, ya que la aparición de esta puede suponer la degradación de la estructura y sistemas con la correspondiente pérdida de producto y aumento del riesgo de accidentes.

La corrosión de estos elementos viene dada por tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua. El tipo de galvanizado utilizado en las estructuras será el Galvanizado en caliente: las piezas se introducen en un baño de zinc a 440 °c para lograr un contacto óptimo de los metales. Previamente la pieza a galvanizar pasa un proceso exhaustivo de limpieza química (desengrase, decapado en ácido clorhídrico, fluxado en baño de sales y secado), para finalizar con el baño de zinc fundido.

La elección del galvanizado proporcionará las siguientes propiedades:

- ✓ Lacado uniforme y liso

- ✓ Los bordes y esquinas afilados son protegidos de un manera óptima.
- ✓ El recubrimiento es firme y puede soportar pequeños golpes en el montaje, transporte, etc.
- ✓ Mayor duración de piezas.
- ✓ Disminuye la cantidad de veces en un mantenimiento.
- ✓ Bajo costo de entre los galvanizados.
- ✓ Mayor resistencia a la corrosión.

### 2.3.13. Cimentación

El diseño de cimentaciones para este tipo de estructuras está gobernado principalmente por los momentos de volteo y la capacidad de carga del suelo.

Para realizar una memoria de cálculo de la cimentación, son necesarios los resultados de Estudio de Mecánica de Suelo del área donde se instalará la torre con el objeto de efectuar los cálculos más reales posibles y en congruencia con las características el terreno. Existen varias alternativas como:

- ✓ Zapatas aisladas
- ✓ Zapatas aisladas conectadas con vigas
- ✓ Zapatas combinadas
- ✓ Plateas de cimentación
- ✓ Cimentaciones con pilotes o cimentaciones profunda

Las cimentaciones planteadas pueden ser de concreto armado como de estructuras de acero, estos tipos de cimentaciones conformados por solo estructuras de acero se usan generalmente donde el acceso a llevar materiales para la elaboración del concreto es casi imposible o es muy costoso.



Figura N° 2.23.- Cimentación para monopolo

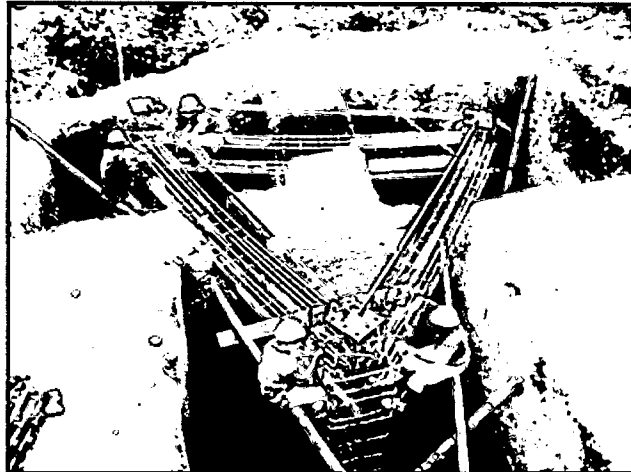


Figura N° 2.24.- Cimentación para torres autoportadas triangulares.

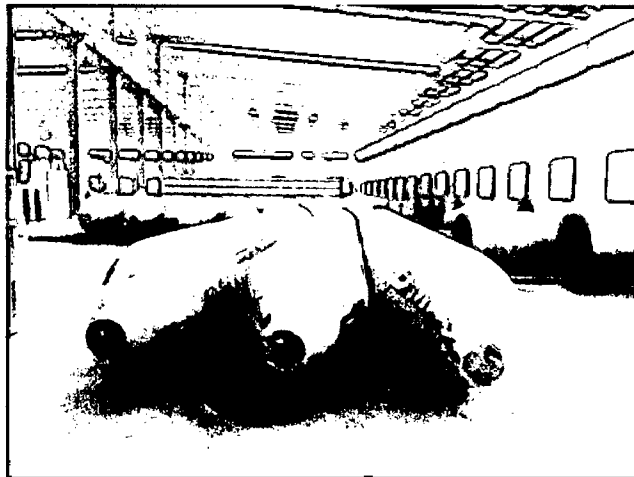


Figura N° 2.25.- Cimentaciones Profundas con Pilotes para torres autoportadas triangulares.

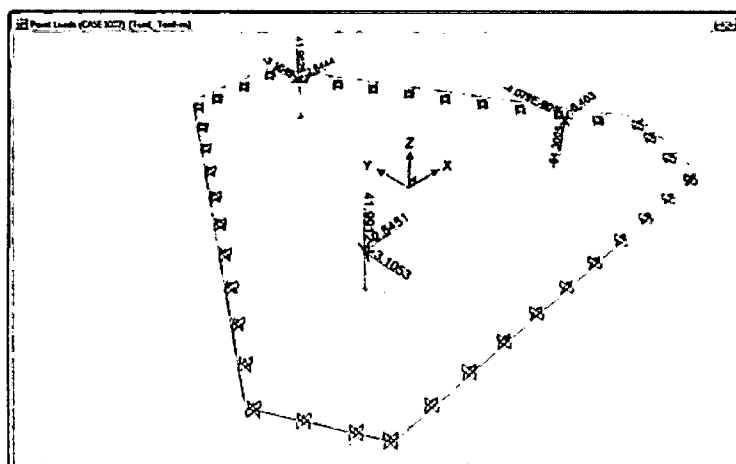


Figura N° 2.26.- Modelado de platea en el Software SAFE de platea de cimentación para torres autoportadas.

## 2.4. NORMAS

Existen una variedad de normas para el diseño de torres de telecomunicaciones, a continuación mencionaremos las normas para calcular las cargas y normas para el diseño.

La capacidad de los miembros o elementos estructurales de las torres pueden ser comparados con los requisitos especificados en las siguientes normas:

Las consideraciones de carga en las torres pueden calcularse de acuerdo a lo especificado en las siguientes normas:

- ✓ EIA/TIA-222-F-1996
- ✓ **ANSI/TIA-222-G-2005**
- ✓ ANSI/ASCE 7-95
- ✓ ASCE 10-90, ASCE 10-97

El diseño de la torre autoportada de telecomunicaciones se analizará en base a la norma ANSI/TIA-222-G debido a que dicha norma describe los requisitos para el diseño estructural y la fabricación de torres estructurales nuevas, así como para la evaluación de torres estructurales existentes, además de requisitos para el diseño estructural, la fabricación y la modificación de las estructuras, soportes, componentes estructurales, cables, aislantes y cimentaciones que soportan antenas.

## CAPÍTULO III

### 3. NORMA ANSI/TIA-222-G

#### 3.1. ALCANCES

El presente capítulo contiene un resumen de la norma ANSI/TIA-222G para el diseño de torres de telecomunicaciones, definiendo así los parámetros para considerar las cargas de viento y sismo, luego el diseño de elementos que conforman la torre.

Esta Norma se basa en el diseño para estados límites. Se aplica fundamentalmente a las estructuras de acero apropiados para las estructuras que soportan antenas.

Esta norma se puede adaptar al uso internacional para lo cual será necesario determinar las velocidades básicas del viento (ráfaga de 3 segundos), cargas de viento sobre hielo, y aceleraciones sísmicas en el sitio de ubicación en base a datos locales.

Esta Norma pretende describir los requisitos para la mayoría de las antenas estructurales y estructuras que soportan antenas, pero reconoce que las estructuras poco habituales en cuanto a su altura o geometría, o en cuanto a la forma y tamaño de algunos de sus elementos individuales, o ubicadas en predios donde las condiciones geológicas o climáticas son inusuales pueden requerir consideraciones adicionales.

Dicha norma ANSI/TIA-222G se puede adquirir de la siguiente página web:

[https://global.ihs.com/search\\_res.cfm?RID=TIA&INPUT\\_DOC\\_NUMBER=TIA-222](https://global.ihs.com/search_res.cfm?RID=TIA&INPUT_DOC_NUMBER=TIA-222)

#### 3.2. CARGAS

Esta sección proporciona requisitos de carga mínimos para antenas y estructuras que soportan antenas.

##### 3.2.1. Cargas Permanentes

Carga vertical o peso total aplicada sobre la estructura que incluye el peso de la misma: ángulos; más los elementos permanentes: roldanas, plataformas, pernos, cartelas de conexión, etc. excluyendo las riendas y para el diseño de las fundaciones, el peso del suelo y la subestructura.

##### 3.2.2. Cargas de viento.

Velocidad básica del viento, V: Velocidad de una ráfaga de viento de 3 segundos a una altura de 10 m sobre el nivel del terreno para una categoría de exposición C para un periodo de recurrencia de 50 años tal y como se encuentra en el Anexo 2 de la norma E020. Donde se considera las velocidades básicas del viento en la zona donde se ubica la estructura, sin embargo; se debe tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

##### 3.2.2.1. Clasificación de las estructuras

La determinación de las cargas nominales de viento, hielo y sísmicas, las estructuras se clasificarán de acuerdo con la siguiente tabla.



Tabla N° 3.1.- Clasificación de la Estructura

Descripción de la Estructura	Clase
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo bajo en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras utilizadas para servicios opcionales y/o en las cuales una demora en el restablecimiento de los servicios sería aceptable.	I
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo considerable en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras que se utilizan para servicios que se pueden prestar por otros medios.	II
Estructuras que, debido a su altura, uso o ubicación, en caso de falla representan un riesgo elevado en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, y/o estructuras que se utilizan principalmente para comunicaciones esenciales.	III

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

Tabla N° 3.2.- Factor de Importancia

Clase de la estructura	Carga de viento sin hielo
I	0.87
II	1
III	1.15

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

### 3.2.2.2. Categorías topográficas

Las estructuras se deberán asignar a una de las categorías topográficas siguientes:

Categoría 1: No hay cambios bruscos en la topografía general, por ejemplo terrenos llanos u ondulantes. No es necesario considerar el efecto acelerador del viento.

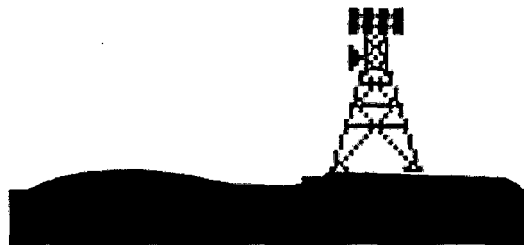


Figura N° 3.1.- Ubicación de torre en terreno llano.

Categoría 2: Estructuras ubicadas en la cresta de una escarpa o cerca de la misma. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una escarpa u horizontalmente a una distancia mayor que 8 veces la altura de la escarpa a partir de su cresta podrá ser considerada como pertenecientes a la categoría topográfica 1.



Figura N° 3.2.- Ubicación de torre en cresta

Categoría 3: Estructuras ubicadas en la mitad superior de una colina. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una colina podrán ser consideradas como pertenecientes a la categoría topográfica 1.

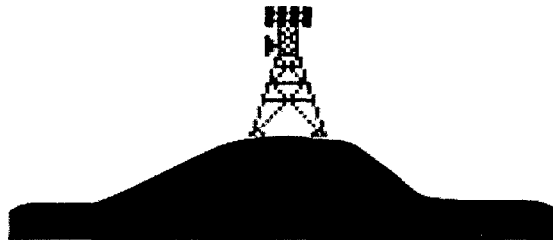


Figura N° 3.3.- Ubicación de torre en un colina

Categoría 4: Estructuras ubicadas en la mitad superior de una cuchilla. Se deberá considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una cuchilla podrán ser consideradas como pertenecientes a la categoría topográfica 1.



Figura N° 3.4.- Ubicación de torre en una cuchilla

Categoría 5: Los criterios para el efecto acelerado r del viento se deberán basar en investigaciones específicas para el sitio de emplazamiento.

Tabla N° 3.3.- Coeficientes de categoría topográfica

Categoría topográfica	$K_t$	$f$
2	0.43	1.25
3	0.53	2
4	0.72	1.5

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

### 3.2.2.3. Categorías de exposición

Se deberá determinar una categoría de exposición que refleje adecuadamente las características de las irregularidades superficiales del terreno en el sitio de emplazamiento. Se deberán tomar en cuenta las variaciones de la rugosidad superficial del terreno que surjan como consecuencia de la topografía natural y la vegetación, así como las construcciones existentes. Las estructuras se deberán asignar a una de las categorías de exposición siguientes:

**Exposición B:** Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosos obstáculos de tamaño mayor o igual al de una vivienda unifamiliar poco separados entre sí. El uso de esta exposición se deberá limitar a aquellas áreas en las cuales la estructura esté rodeada en todas direcciones por terreno representativo de la Exposición B en una distancia de al menos 800 m o veinte veces la altura de la estructura, cualquiera sea el valor que resulte mayor.

**Exposición C:** Terreno abierto con obstáculos dispersos de altura generalmente inferior a 9.1 m. Esta categoría incluye el campo abierto, los prados y las franjas costeras en las regiones de huracanes.

**Exposición D:** Franjas costeras planas y sin obstáculos expuestas a vientos provenientes de aguas abiertas (excluyendo las franjas costeras en las regiones de huracanes) en una distancia de al menos 1 milla [1.61 km]. Las franjas costeras de Exposición D incluyen los cursos de agua interiores, los lagos y las áreas costeras fuera de las regiones de huracanes. La exposición D se extiende tierra adentro en una distancia de 200 m o veinte veces la altura de la estructura, cualquiera sea el valor que resulte mayor. Las marismas, las salinas y otros terrenos similares se deberán considerar como Exposición D.

Tabla N° 3.4.- Coeficientes según categoría de Exposición

Categoría de exposición	Zg	$\alpha$	Kzmin	Ke
B	366 m	7	0.7	0.9
C	274 m	9.5	0.85	1
D	213 m	11.5	1.03	1.1

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

Tabla N° 3.5.- Factor de Probabilidad de Dirección del Viento

Tipo de estructura	Factor de probabilidad de la dirección del viento, Kd
Estructuras de celosía con secciones transversales triangulares, cuadradas o rectangulares incluyendo los accesorios	0.85
Estructuras tubulares tipo monopolo; estructuras de celosía con secciones transversales que no sean triangulares, cuadradas ni rectangulares; diseño por resistencia de los accesorios	0.95

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

### 3.2.2.4. Cargas de viento de diseño

La carga de viento de diseño deberá incluir la suma de las fuerzas de viento de diseño horizontales aplicadas a la estructura en la dirección del viento más las fuerzas de viento de diseño sobre los cables de viento y los accesorios. Se deberá asumir que todos los accesorios, incluyendo las antenas, soportes y cables, permanecerán intactos y unidos a la estructura.

El diseño por resistencia se deberá basar en las direcciones del viento que provoquen las máximas respuestas.

La fuerza de viento de diseño,  $F_W$  se deberá determinar de la siguiente manera:

$$F_W = F_{ST} + F_A \dots\dots\dots 3.1$$

Dónde:

$F_{ST}$  = Fuerza de viento de diseño sobre la estructura, N

$F_A$  = Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios, N

#### 3.2.2.4.1. Fuerza de viento de diseño sobre la estructura

La fuerza de viento de diseño,  $F_{ST}$  aplicada a cada sección de una estructura se deberá determinar de la siguiente manera:

$$F_{ST} = q_z * G_h * (EPA)_S \dots\dots\dots 3.2$$

Dónde:

$F_{ST}$  = fuerza de viento de diseño horizontal sobre la estructura en la dirección del viento, N

$q_z$  = presión dinámica, N/m<sup>2</sup>

$G_h$  = factor de ráfaga, 0.85 para estructuras autosoportadas menores a 137m.

$(EPA)_S$  = área proyectada efectiva de la estructura, m<sup>2</sup>

#### Presión dinámica

La presión dinámica,  $q_z$ (N/m<sup>2</sup>), evaluada a la altura  $z$  se deberá calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.613 * K_z * K_{zt} * K_d * I * V^2 \dots\dots\dots 3.3$$

Dónde:

$K_z$  = coeficiente de presión dinámica

$K_{zt}$  = factor topográfico

$K_d$  = factor de probabilidad de la dirección del viento, indicado en la Tabla N° 3.5

$I$  = factor de importancia, indicado en la Tabla N° 3.2

$V$  = velocidad básica del viento para la condición de carga investigada, m/s

#### Coefficiente de presión dinámica

En base a la categoría de exposición determinada, se deberá calcular un coeficiente de presión dinámica,  $K_z$  de la siguiente manera:

$$K_{zmin} \leq K_z = 2.01 * (Z/Z_g)^{\frac{2}{\alpha}} \leq 2.01 \dots \dots \dots 3.4$$

Dónde:

Z = altura sobre el nivel del terreno en la base de la estructura, m  
Z<sub>g</sub>, α y K<sub>zmin</sub> factores indicados en Tabla N° 3.4

**Factor topográfico**

El efecto acelerador del viento se deberá incluir en el cálculo de las cargas de viento de diseño usando el factor K<sub>zt</sub>, determinado mediante la siguiente ecuación.

$$K_{zt} = \left[ 1 + \frac{K_e + K_t}{K_h} \right]^2 \dots \dots \dots 3.5$$

Dónde:

K<sub>h</sub> = factor de reducción dependiente de la altura dado por la siguiente ecuación:

$$K_h = e^{\left(\frac{f \cdot z}{H}\right)} \dots \dots \dots 3.6$$

- e = base de los logaritmos naturales = 2.718
- K<sub>e</sub> = constante del terreno indicada en la Tabla N° 3.4
- K<sub>t</sub> = constante del terreno indicada en la Tabla N° 3.3
- f = factor de atenuación dependiente de la altura indicado en la Tabla N° 3.3
- z = altura sobre el nivel del terreno a la base de la estructura, m
- H = altura de la cresta sobre el terreno circundante, m
- K<sub>zt</sub> = 1.0, para la categoría topográfica 1.

**Área proyectada efectiva de las estructuras de celosía.**

El área proyectada efectiva, (EPA)<sub>S</sub> de los componentes estructurales de una sección se deberá determinar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(EPA)_S = C_f [D_f \sum A_f + D_r \sum A_r R_r] \dots \dots \dots 3.7$$

Dónde:

C<sub>f</sub>, para secciones transversales cuadradas

$$C_f = 4.0\varepsilon^2 - 5.9\varepsilon + 4.0 \dots \dots \dots 3.8$$

C<sub>f</sub>, Para secciones transversales triangulares

$$C_f = 3.4\varepsilon^2 - 4.7\varepsilon + 3.4 \dots \dots \dots 3.9$$

ε = relación de solidez

$$\varepsilon = \frac{(A_f + A_r)}{A_g} \dots \dots \dots 3.10$$

A<sub>f</sub> = área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección, m<sup>2</sup>

$A_r$  = área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección, incluyendo el área proyectada del hielo sobre los componentes estructurales planos y circulares en una cara para aquellas combinaciones que incluyen cargas de hielo, m<sup>2</sup>.

$A_g$  = área bruta de una cara como si dicha cara fuese sólida.

$D_f$  = factor de dirección del viento para componentes estructurales planos, indicado en la Tabla N° 3.6

$D_r$  = factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares, indicado en la Tabla N° 3.6

$R_r$  = factor de reducción para un elemento circular

$$R_r = 0.36 + 0.26\varepsilon + 0.97\varepsilon^2 - 0.63\varepsilon^3 \dots\dots\dots 3.11$$

Cuando  $C > 8.7$  para condiciones sin hielo

Dónde:

$$C = [I * K_z * K_{zt}]^{1/2} V * D \dots\dots\dots 3.12$$

$I$  = factor de importancia, indicado en la Tabla N° 3.2

$K_z$  = coeficiente de presión dinámica

$K_{zt}$  = factor topográfico

$V$  = velocidad básica del viento para la condición de carga investigada, m/s.

$D$  = diámetro exterior del componente estructural sin hielo, m.

Tabla N° 3.6.- Factores de direcciones de viento

Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
	Dirección del viento	Normal	45°	Normal	60°
$D_f$	1	1 + 0.75ε (1.2 máx.)	1	1	0.9
$D_r$	1	1 + 0.75ε (1.2 máx.)	1	1	1

Las direcciones del viento se miden respecto de una línea normal a la cara de la estructura.

*Fuente: Norma ANSI TIA 222G*

**3.2.2.4.2. Fuerza de viento de diseño sobre los accesorios**

La fuerza de viento de diseño sobre los accesorios (ya sean puntuales o lineales pero excluyendo las antenas de microondas),  $F_A$  se deberá determinar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_A = q_z * G_h * (EPA)_A \dots\dots\dots 3.13$$

Dónde:

$q_z$  = presión dinámica a la altura del eje del accesorio, N/m<sup>2</sup>

$G_h$  = factor de ráfaga

$(EPA)_A$  = área proyectada efectiva del accesorio incluyendo el hielo para las combinaciones de carga que incluyen hielo, m<sup>2</sup>

$$(EPA)_A = K_a [(EPA)_N \cos^2 \theta + (EPA)_T \sin^2 \theta] \dots\dots\dots 3.14$$

$K_a = 1.0$  se puede usar de forma conservadora para cualquier accesorio y es constante para todas las direcciones del viento.

$\theta$  = ángulo relativo entre el acimut asociado con la cara normal del accesorio y la dirección del viento.

$(EPA)_N$  = área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento normal al acimut del accesorio.

$(EPA)_T$  = área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento del Accesorio.

$$(EPA)_N = \sum(Ca A_A)_N$$

$$(EPA)_T = \sum(Ca A_A)_T$$

$C_a$  = coeficiente de fuerza de acuerdo con la Tabla N° 3.7

$A_A$  = área proyectada de un componente del accesorio.

Tabla N° 3.7.- Coeficientes de fuerza para los accesorios.

Tipo de elemento		Relación de aspecto $\leq 2.5$	Relación de aspecto = 7	Relación de aspecto $\geq 25$
		$C_a$	$C_a$	$C_a$
Plano		1.2	1.4	2.0
Circular	$C < 4.4$ (flujo subcrítico)	0.7	0.8	1.2
	$4.4 \leq C \leq 8.7$ (flujo transicional)	$1.43/C^{0.485}$	$1.47/C^{0.415}$	$5.23/C^{1.0}$
	$C > 8.7$ (flujo supercrítico)	0.5	0.6	0.6

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

### 3.2.3. Cargas sísmicas

#### 3.2.3.1. Análisis dinámico

De acuerdo a lo especificado en la norma ANSI TIA 222G para torres y/o estructuras de alturas mayores a 30m se procederá a realizar un análisis dinámico

#### 3.2.3.2. Procedimiento de análisis Modal

1. Construir un modelo matemático de la estructura que represente la distribución espacial de las masas y rigideces en toda la estructura.
2. Realizar un análisis para determinar los modos de vibración naturales de la estructura, incluyendo el período de cada modo, el vector de forma modal y el factor de participación de masa modal. El análisis deberá incluir un número de modos suficiente para obtener una participación de masa modal combinada de al menos 85%. El análisis para cada dirección considerada se deberá basar en métodos de análisis estructural establecido.
3. Establecer el espectro de respuesta de diseño.
4. Calcular el corte en la base ( $V_{sm}$ ) contribuido por cada modo.
5. Determinar las fuerzas sísmicas para cada nivel de la estructura para cada modo.

6. Analizar la estructura estáticamente usando las fuerzas sísmicas como cargas externas para cada modo.
7. Combinar las sollicitaciones de todos los modos calculando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores modales.

### 3.2.3.3. Espectro de respuesta de diseño

El espectro de respuesta de diseño se determinará de acuerdo con las siguientes ecuaciones graficadas en la Figura 3.5

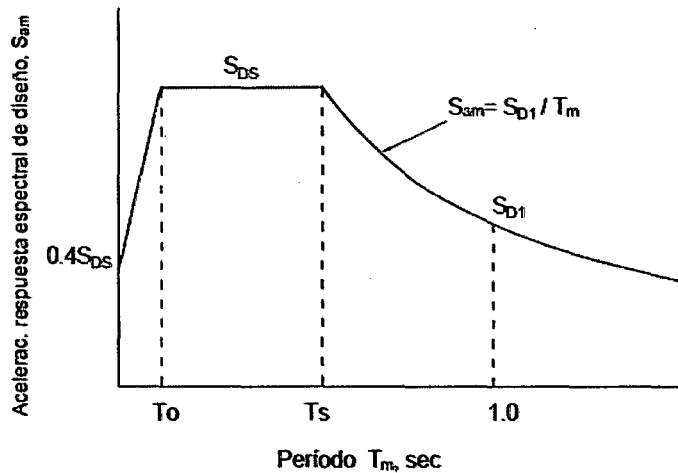


Figura N° 3.5.- Espectro de respuesta de diseño (Fuente: Norma ANSI TIA 222G)

$S_{am}$  = aceleración de la respuesta espectral de diseño para el periodo  $T_m$  en el modo investigado.

$$T_m = 1/f_m$$

$f_m$  = frecuencia de la estructura para el modo considerado, Hertz

Para:  $T_m < 4.0$  sec

$$S_{am} = S_{DS} (0.4 + 0.6 T_m/T_o) \text{ cuando } T_m \leq T_o$$

$$S_{am} = S_{DS} \text{ cuando } T_o < T_m < T_s$$

$$S_{am} = S_{D1} / T_m \text{ cuando } T_m \geq T_s$$

Para:  $T_m \geq 4.0$  sec

$$S_{am} = 4 S_{D1} / T_m^2$$

Donde:

$S_{DS} = 2/3 F_a S_s$ : aceleración de la respuesta espectral de diseño para periodos cortos

$S_{D1} = 2/3 F_v S_1$ : aceleración de la respuesta espectral de diseño para 1 segundo

$$T_o = 0.2 S_{D1}/S_{DS}$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS}$$



Nota:  $S_s$  y  $S_1$  aceleraciones espectrales basados en procedimientos de análisis de respuesta dinámica específicos del predio.

$F_a$ : coeficiente del predio dependiente de la aceleración basado en la clase del predio y la aceleración de la respuesta espectral para períodos cortos.

Tabla N° 3.8.- Coeficiente del predio dependiente de la aceleración,  $F_a$

Clase de predio	Máxima aceleración de la respuesta sísmica espectral para períodos cortos considerada ( $S_s$ )				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	0.9	0.9
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

$F_v$ : coeficiente del predio dependiente de la velocidad basado en la clase del predio y la aceleración de la respuesta espectral para 1 segundo.

Tabla N° 3.9.- Coeficiente del predio dependiente de la velocidad,  $F_v$

Clase de predio	Máxima aceleración de la respuesta sísmica espectral para 1 segundo considerada ( $S_1$ )				
	$S_s \leq 0.1$	$S_s = 0.2$	$S_s = 0.3$	$S_s = 0.4$	$S_s \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

Nota 1: Se requieren procedimientos específicos para determinar las aceleraciones del terreno en un predio. Para las estructuras ubicadas en regiones no incluidas en el Anexo B de la norma ANSI TIA 222G, las máximas aceleraciones  $S_s$  y  $S_1$  se deberán basar en datos de sismicidad y geología regionales y se deberán expresar como una fracción de la aceleración de la gravedad. El máximo movimiento sísmico del terreno considerado se deberá tomar como el movimiento determinado asumiendo un 5% de amortiguación con una probabilidad de excedencia del 2% en un período de 50 años.

Tabla N° 3.10.- Definición de clase de un predio.

Clase de predio	Descripción de los 30.5 m de suelo superiores para el predio	Resistencia a la penetración normal, N Suelos sin cohesión PI ≤ 20	Resistencia al corte no drenada, Su Suelos cohesivos PI > 20
A	Roca dura con 3 m o menos de sobrecarga de suelo.	N/A	N/A
B	Roca competente con meteorización y fracturación moderadas con 3m o menos de sobrecarga de suelo.	N/A	N/A
C	Suelo muy denso, roca blanda o roca altamente fracturada y meteorizada.	< 50	> 100 KPa
D	Suelo rígido.	15 a 50	50 a 100 Kpa
E	Suelo débil (excluyendo la clase F).	< 15	50 Kpa
		Perfiles de suelo de más de 3m de espesor con PI ≥ 20, contenido de humedad ≥ 40%, Su < 25 KPa	
F	Suelos vulnerables a potenciales fallas o colapso bajo cargas sísmicas	Perfiles de suelo que contienen cualquiera de los siguientes elementos: turba y/o arcillas con alto contenido orgánico de más de 3m de espesor, arcilla altamente plásticas (PI > 75) de más de 7.6 m de espesor, arcillas blandas/medias de más de 36.6 m de espesor, suelos licuables de gran espesor, arcillas rápidas y altamente sensibles, suelos colapsables débilmente cementados.	

Fuente: Norma ANSI TIA 222G

### 3.2.3.4. Corte en la base de la estructura

El corte en la base ( $V_m$ ) contribuido por cada modo se deberá determinar de acuerdo con:

$$V_m = \frac{S_{am} W_m I}{R}$$

$$W_m = \frac{(\sum_{i=1}^n W_i \phi_{im})^2}{\sum_{i=1}^n W_i \phi_{im}^2}$$

Donde:

$S_{am}$  = aceleración de la respuesta espectral de diseño para el período  $T_m$

$W_m$  = carga gravitatoria modal efectiva

$I$  = factor de importancia de acuerdo con la Tabla 2-3

$R$  = coeficiente de modificación de la respuesta igual a 3.0 para estructuras autosoportadas de celosía, 2.5 para mástiles atirantados de celosía y 1.5 para estructuras tubulares tipo monoposte.

$n$  = número que designa el nivel superior de la estructura con respecto a la distribución de las cargas gravitatorias

$i$  = número que designa el nivel de la estructura comenzando desde la base hasta el nivel superior

$m$  = subíndice que denota cantidades en el modo  $m$

$W_i$  = porción de la carga gravitatoria total ( $W$ ) asignada al nivel  $i$

$\phi_{im}$  = amplitud de desplazamiento del modo  $i$  de la estructura cuando ésta vibra en su modo  $m$

### 3.2.4. Combinaciones de cargas mayoradas

Las estructuras y fundaciones se diseñarán para resistir las solicitaciones debidas a las cargas mayoradas:

1. COMB1:  $1.2 D + 1.6 W_o$
2. COMB2:  $0.9 D + 1.6 W_o$
3. COMB3:  $1.2 D + 1.0 E$
4. COMB4:  $0.9 D + 1.0 E$

Dónde:

$D$  = carga permanente de la estructura y los accesorios, excluyendo los cables de viento.

$E$  = carga sísmica.

$W_o$  = carga de viento sin hielo.

Excepciones:

1. No es necesario considerar los efectos de la temperatura para las estructuras autosoportadas.
2. No es necesario considerar las cargas de hielo y sísmicas para las estructuras de la Clase I.

### 3.2.5. Requisitos de serviciabilidad.

#### 3.2.5.1. Deformaciones.

Desplazamiento: Desplazamiento horizontal bajo cargas de servicio de un punto respecto de su posición correspondiente a carga no mayorada sin viento.

Torsión: Rotación angular bajo cargas de servicio del recorrido del haz de una antena en el plano horizontal local de la antena respecto de su posición correspondiente a carga sin viento no mayorada.

Las deformaciones de la torre bajo cargas de servicio no deberán superar los siguientes límites:

1. Una rotación de 4 grados respecto del eje vertical (torsión)
2. Un desplazamiento igual al 3% de la altura de la estructura.
3. Para las proyecciones tubulares o de celosía en voladizo, monopolos o estructuras similares instaladas sobre estructuras de celosía, un desplazamiento horizontal

relativo igual a 1.5% de la altura del voladizo medida desde la punta del voladizo hasta su base.

Sin embargo las distorsiones últimas son aquellas que determinan las especificaciones de los accesorios (antenas) a instalar en las torres, la rotación máxima deberá ser de 0.75°, y el desplazamiento máximo en la parte más alta de la torre deberá ser de 0.75°.

### 3.2.5.2. Cargas de servicio

Las cargas de servicio se deberán definir de acuerdo con la siguiente combinación de cargas para una velocidad básica del viento de 27 m/s:

$$1.0D + 1.0 W_o$$

Las fuerzas de viento horizontales para determinar las cargas de servicio se deberán basar en un factor de importancia, I, de 1.00, y un factor de direccionalidad, Kd, de 0.85 para todas las estructuras. El coeficiente de presión dinámica, Kz, el factor de ráfaga, Gh, y el factor topográfico, Kzt, deberán ser iguales a los valores para la condición correspondiente al estado límite de resistencia.

## 3.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL ACERO ESTRUCTURAL

Esta sección se refiere al diseño por resistencia de los perfiles angulares de la torres, dichos elementos están sometidos a fuerza a tracción y compresión. Los siguientes requisitos se basan en la norma AISC-LRFD-99.

### 3.3.1. Relaciones de esbeltez

La relación de esbeltez, L/r, no deberá ser mayor que:

- 150 para los elementos de los montantes.
- 200 para los elementos comprimidos principales excepto los elementos de los montantes.
- 250 para los elementos secundarios.
- 300 para los elementos traccionados, excepto para el arriostamiento y los cables de los Pernos de tracción, también para elementos armados.

### 3.3.2. Esbeltez de elementos armados

Los componentes individuales de los elementos armados compuestos por dos o más perfiles se deberán conectar entre sí a intervalos, ai, de manera tal que la máxima relación de esbeltez (ai/ri) entre conectores de cada uno de los perfiles no sea mayor que 100% de la relación de esbeltez efectiva determinante del elemento armado.

Para conectores intermedios que son pernos de apriete calibrado:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a_i}{r_i}\right)^2} \dots\dots\dots 3.16$$

$\left(\frac{KL}{r}\right)_o$  = relación de esbeltez efectiva de un elemento armado actuando como una unidad

$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$  = relación de esbeltez efectiva modificada de un elemento armado

- ai/ri = mayor relación de esbeltez de los componentes individuales
- ai = distancia entre conectores
- ri = mínimo radio de giro de un componente individual

### 3.4. DISEÑO DE MIEMBROS A COMPRESIÓN

#### 3.4.1. Tensión de fluencia efectiva

Para los perfiles angulares de 60° y 90°, la tensión de fluencia efectiva para compresión axial, F'y, se deberá determinar de la siguiente manera:

Cuando:  $\frac{W}{t} \leq 0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F'y = F_y \dots \dots \dots 3.17$$

Cuando:  $0.47 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \leq \frac{W}{t} \leq 0.85 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F'y = \left[ 1.677 - 0.677 \left( \frac{W/t}{0.47 \sqrt{E/F_y}} \right) \right] F_y \dots \dots \dots 3.18$$

Cuando:  $0.85 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{W}{t} \leq 25$

$$F'y = [0.0332 \pi^2 E / (w/t)^2] \dots \dots \dots 3.19$$

Dónde:

- W = ancho del perfil angular, mm
- t = espesor del perfil angular, mm
- E = módulo de elasticidad del acero, Mpa
- Fy = fluencia del acero, Mpa
- F'y = fluencia efectiva para la compresión axial, Mpa

La relación entre el ancho y el espesor (w/t) de los perfiles angulares no deberá ser mayor que 25.

#### 3.4.2. Resistencia axial de diseño

La resistencia axial de diseño de los elementos comprimidos,  $\phi_c P_n$  se deberá tomar como:

$\phi_c = 0.90$

$$P_n = A_g F_{cr} \dots \dots \dots 3.20$$

Para  $\lambda_c \leq 1.5$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F'y \dots \dots \dots 3.21$$

Para  $\lambda_c > 1.5$

$$F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F'y \dots \dots \dots 3.22$$

Dónde:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F'y}{E}} \dots \dots \dots 3.23$$

- $\phi_c$  = Factor de resistencia para compresión
- $P_n$  = Resistencia axial nominal, N

- $\phi_c P_n$  = Resistencia axial de diseño a compresión, N  
 $\lambda_c$  = Parámetro de esbeltez  
 $F_{cr}$  = Resistencia a la compresión crítica, N  
 $A_g$  = Área bruta del elemento, mm<sup>2</sup>  
 $F_y$  = Tensión de fluencia efectiva, MPa  
 $E$  = Módulo de elasticidad, MPa  
 $K$  = Factor de longitud efectiva  
 $L$  = Longitud de un elemento sin arriostramiento lateral, mm  
 $r$  = radio de giro determinante respecto del eje de pandeo, mm

### 3.5. DISEÑO DE MIEMBROS A TRACCIÓN

La resistencia a la tracción axial de diseño,  $\phi_t P_n$  de un elemento se deberá tomar como el menor valor entre la fluencia en la sección bruta, la rotura en la sección neta efectiva, o la rotura en bloque por corte.

1. Para la fluencia por tracción en la sección bruta

$$\phi_t = 0.90$$

$$P_n = F_y A_g \dots \dots \dots 3.24$$

2. Para rotura por tracción en la sección neta efectiva

$$\phi_t = 0.75$$

$$P_n = F_u A_{en} \dots \dots \dots 3.25$$

3. Para rotura en bloque por corte

$$\phi_t = 0.75$$

Cuando:  $F_u A_{nt} \geq 0.6 F_u A_{nv}$

$$P_n = 0.6 F_y A_{gy} + F_u A_{nt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt} \dots \dots \dots 3.26$$

Cuando:  $0.6 F_u A_{nv} > F_u A_{nt}$

$$P_n = 0.6 F_u A_{nv} + F_y A_{gt} \leq 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt} \dots \dots \dots 3.27$$

Dónde:

- $\phi_t$  = Factor de resistencia para tracción  
 $P_n$  = Resistencia axial nominal, N  
 $\phi_t P_n$  = Resistencia a la tracción axial de diseño, N  
 $A_g$  = área bruta, mm<sup>2</sup>  
 $A_{en}$  = área neta efectiva, mm<sup>2</sup>  
 $A_{gv}$  = área bruta sujeta a corte, mm<sup>2</sup>  
 $A_{gt}$  = área bruta sujeta a tracción, mm<sup>2</sup>  
 $A_{nv}$  = área neta sujeta a corte, mm<sup>2</sup>  
 $A_{nt}$  = área neta sujeta a tracción, mm<sup>2</sup>

#### 3.5.1. Área neta

El área neta de un elemento,  $A_n$ , se deberá tomar como la suma de los productos entre el espesor y el ancho neto de cada elemento y se deberá calcular de la siguiente manera.

Al calcular el área neta de la sección, el ancho de los orificios para Pernos se deberá tomar 2 mm mayor que la dimensión nominal del orificio.

$$A_n = Wnt + (s^2t)/(4g) \dots\dots\dots 3.28$$

Donde:

s = separación longitudinal entre los centros de dos orificios consecutivos

g = separación transversal entre líneas de sujetadores

### 3.5.2. Área neta efectiva

Cuando haya una fuerza de tracción transmitida directamente a cada uno de los elementos de la sección transversal de un componente por medio de sujetadores o soldaduras, el área neta efectiva,  $A_{en}$ , será igual al área neta  $A_n$ .

$$A_{en} = AU \dots\dots\dots 3.29$$

Donde:

A =  $A_n$  para elementos apernados y  $A_g$  para elementos soldados

U = factor de reducción =  $1 - x/L_c$ , siendo  $0.75 \leq U \leq 0.9$

x = excentricidad de la unión (distancia entre la cara externa del elemento conectado y el baricentro del elemento)

$L_c$  = longitud de la unión en la dirección de la carga (distancia entre los centros de los orificios más externos o longitud de la soldadura en la dirección de la carga).

Notas:

- 1) Para los elementos con un único perno U deberá ser igual a 0.75.
- 2) Alternativamente, cuando al calcular  $A_n$  se ignore la parte saliente de un elemento, no será necesario que U sea menor que 1.0

## 3.6. UNIONES

### 3.6.1. Pernos

Los Pernos ASTM A490 y ASTM A325 no se deberán reutilizar una vez que hayan sido puestos en servicio y tensionados más allá del 40% de su capacidad última.

Nota: Para el cálculo de la resistencia a la tracción y al corte de diseño,  $F_{ub}$  deberá ser igual a la mínima resistencia a la tracción en base al diámetro de los Pernos.

### 3.6.2. Distancias a los bordes

Se deberá aplicar la Tabla J3.4 de la Especificación AISC excepto en los bordes cortados, en los cuales la mínima distancia al borde deberá ser igual a 1.5 veces el diámetro del perno.

Preferentemente la mínima separación de los Pernos en una línea será igual a 3 veces el diámetro de los Pernos, pero esta separación nunca deberá ser menor que 2 2/3 diámetros.

### 3.6.3. Resistencia de las uniones

#### 3.6.3.1. Resistencia al aplastamiento

La resistencia al aplastamiento en los orificios para Pernos o accesorios,  $\Phi R_n(N)$ , se deberá tomar como:

$$R_n = 1.2 \left( L_c + \frac{d}{4} \right) t F_u \leq 2.4 d t F_u \dots \dots \dots 3.30$$

Dónde:

$$\Phi = 0.80$$

$L_c$  = distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del orificio y el borde de un orificio adyacente o el borde del material, mm

$F_u$  = mínima resistencia a la tracción especificada de la pieza crítica conectada, Mpa

$d$  = diámetro nominal del perno, mm

$t$  = espesor de la pieza crítica conectada, mm

Para las uniones con múltiples Pernos, la resistencia al aplastamiento se deberá tomar igual a la suma de las resistencias al aplastamiento de los Pernos individuales.

#### 3.6.3.2. Resistencia al corte

La resistencia al corte de diseño de un perno,  $\Phi R_{nv} (N)$  se deberá tomar como:

$$\Phi = 0.75$$

(a) Cuando no hay filetes de rosca incluidos en el plano de corte:

$$R_{nv} = 0.55 F_{ub} A_b \dots \dots \dots 3.31$$

(b) Cuando hay filetes de rosca incluidos en el plano de corte:

$$R_{nv} = 0.45 F_{ub} A_b \dots \dots \dots 3.32$$

Dónde:

$R_{nv}$  = Resistencia nominal al corte de un perno o varilla de anclaje, N

$F_{ub}$  = mínima resistencia a la tracción especificada del perno, Mpa

$A_b$  = área nominal del cuerpo no roscado del perno, mm<sup>2</sup>

### 3.6.4. Elementos de unión

La resistencia de diseño de los elementos de unión soldados y apernados  $\Phi_p R_{np} (N)$  deberá ser el menor valor obtenido de acuerdo con el estado límite de fluencia, rotura y rotura en bloque por corte.

$$\Phi_p = 0.90 \text{ para fluencia}$$

$$\Phi_p = 0.75 \text{ para rotura}$$

$$\Phi_p = 0.75 \text{ para rotura en bloque por corte}$$



1. Fluencia por tracción

$$R_{np} = F_y \cdot A_{gt} \dots \dots \dots 3.33$$

2. Para rotura por tracción

$$R_{np} = F_u \cdot A_{nt} \dots \dots \dots 3.34$$

3. Para fluencia por corte

$$R_{np} = 0.60 \cdot F_y \cdot A_{gv} \dots \dots \dots 3.35$$

4. Para rotura por corte

$$R_{np} = 0.60 \cdot F_u \cdot A_{nv} \dots \dots \dots 3.36$$

5. Para rotura en bloque por corte

Ver 3.5.3

Dónde:

$R_{np}$  = resistencia nominal de un elemento de unión, N

Notas:

1. El ancho usado para determinar las áreas brutas y netas de las placas de conexión no deberá ser mayor que el ancho en el extremo de la placa definido proyectando la fuerza aplicada a partir del comienzo de la unión 30° hacia cada lado de la placa a lo largo de la línea de fuerza.
2. El área neta de una placa de conexión no se deberá considerar mayor que 85% del área bruta.

**3.6.5. Empalmes**

Los empalmes se deberán diseñar para resistir las máximas fuerzas de tracción, compresión y corte que se produzcan en el empalme.

**3.7. PERNOS DE ANCLAJE**

Para las Pernos de anclaje se deberá satisfacer la siguiente ecuación de interacción:

$$\left( \frac{P_u + \frac{V_u}{\eta}}{\phi R_{nt}} \right) \leq 1$$

$$R_{nt} = F_{ub} (0.75 A_b) \dots \dots \dots 3.37$$

Dónde:

$$\phi = 0.80$$

$P_u$  = mayor fuerza de compresión o tracción, N

$V_u$  = fuerza de corte (componentes de corte directo y torsión) correspondiente a  $P_u$ , N

$R_{nt}$  = resistencia nominal a la tracción de la varilla de anclaje, N

$F_{ub}$  = mínima resistencia a la tracción especificada del perno, Mpa

$A_b$  = área nominal del cuerpo no roscado del perno, mm<sup>2</sup>

$\eta = 0.50$

## CAPÍTULO IV

### 4. INGRESO DE DATOS Y MANEJO DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA MSTOWER V6.02.002

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

El programa MStower programa especializado que ayuda en el análisis y la comprobación de las estructuras de acero como torres autoportadas de celosía, torres ventadas y monopolos de acero. MStower contiene opciones para definir la geometría, la carga, el análisis, los resultados, y la comprobación de los miembros que componen la estructura.

Las torres, pueden ser de tres o cuatro lados o de un solo polo tubular en voladizo, se ensamblan mediante la combinación de una serie de caras o paneles, plan o techos, etc. El perfil de la torre se define dando a la altura de los paneles individuales y el ancho en puntos donde cambia de dirección. Todos los otros anchos se obtienen por interpolación. El programa contiene una amplia gama de paneles estándar, que son más de 100 tipos diferentes de paneles disponibles.

El resultado del proceso de construcción de la torre es un archivo completo de datos.

El módulo de carga de MStower calcula cargas debidas al peso propio, el hielo y el viento en la torre. Además de computar las cargas de viento en la torre al descubierto el programa es capaz de tener en cuenta una amplia gama de elementos que se encuentran en las torres de comunicación.

El MStower presenta bibliotecas que contienen los datos que describen las características físicas de una amplia gama de tipos de antenas, cables, escaleras, plataformas, perfiles, etc. Las bibliotecas son archivos de texto sin formato y pueden ser fácilmente añadidos por los usuarios.

El uso de bibliotecas simplifica la modelación de los datos necesarios para calcular las cargas en la torre. Para describir completamente una antena de su referencia de la biblioteca, su ubicación en la torre, y su soporte son obligatorios. MStower extraerá todos los demás datos de la biblioteca, calcular las fuerzas que actúan sobre la antena (carga muerta, hielo-carga, y las cargas de viento) y transferirlos a la torre como un conjunto de fuerzas estáticamente equivalentes.

La fuerza de los miembros puede ser contrastada con las normas de los códigos, los resultados de la comprobación de los miembros o elementos podrán verse como una pantalla gráfica con el color en el que un miembro se muestra en función de su relación máxima de carga/capacidad.

También se puede mostrar reacciones para el cálculo de la cimentación, desplazamientos y rotaciones de la estructura.

## 4.2. LIBRERIAS DE PROGRAMA

### 4.2.1. Librería de secciones

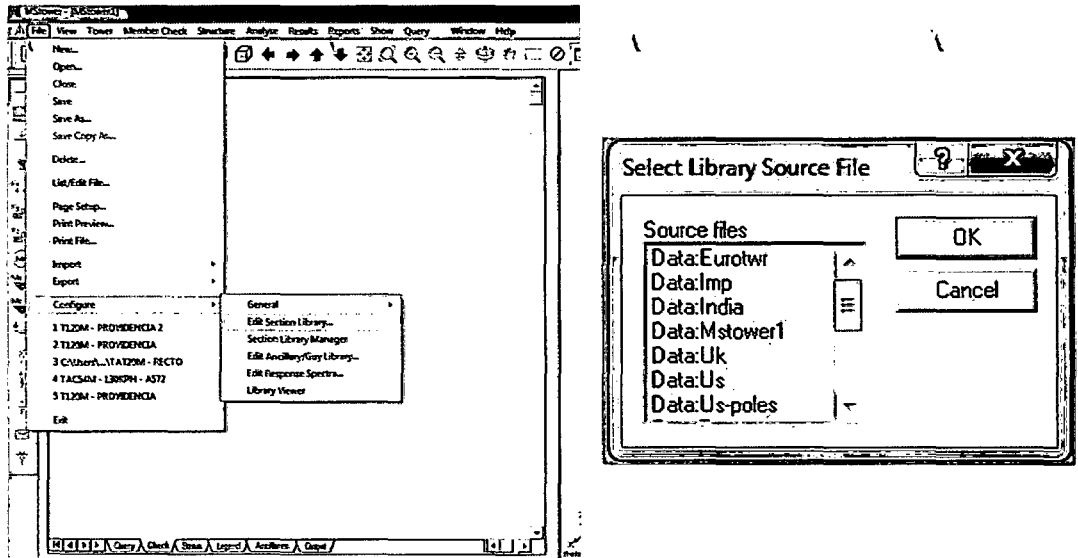


Figura N° 4.1.- Ventana de visualización de la librería de secciones

Perfiles angulares que puedes usar para modelar una torre

\$\$ IMPERIAL ANGLES FOR TOWERS																								
\$\$ -- Equal Angles																								
\$\$		A	Ax	J	Ix	Rx	Zx	M	D	Tf	Sx	cy	ex	Iu	Zul	ruu	Iv	Zv2	rvv	tan	f	yl	y2	
S	9 EA8x8x1	96.8	0	0	3686	6.17	257	75.93	203.2	25.3	0	5.99	0	5845	0	7.77	1527	0	3.97	1	0	265	345	
S	9 EA8x8x15/16	91.0	0	0	3491	6.19	243	71.44	203.2	23.7	0	5.93	0	5540	0	7.80	1442	0	3.98	1	0	265	345	
S	9 EA8x8x7/8	0	0	0	0	0	0	0	203.2	22.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265	345	
S	9 EA8x8x13/16	79.6	0	0	3094	6.23	213	62.50	203.2	20.5	0	5.81	0	4916	0	7.85	1271	0	3.99	1	0	265	345	
S	9 EA8x8x3/4	73.8	0	0	2885	6.25	198	57.89	203.2	18.9	0	5.75	0	4587	0	7.88	1183	0	4.00	1	0	265	345	
S	9 EA8x8x11/16	67.8	0	0	2671	6.27	183	53.25	203.2	17.3	0	5.69	0	4248	0	7.91	1093	0	4.01	1	0	265	345	
S	9 EA8x8x5/8	62.0	0	0	2455	6.29	167	48.64	203.2	15.7	0	5.63	0	3907	0	7.94	1004	0	4.02	1	0	275	355	
S	9 EA8x8x9/16	0	0	0	0	0	0	0	203.2	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	275	355
S	9 EA8x8x1/2	0	0	0	0	0	0	0	203.2	12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	355
S	9 EA8x8x5/16	0	0	0	0	0	0	0	203.2	7.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	355
S	9 EA6x6x15/16	0	0	0	0	0	0	0	152.4	23.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265	345	
S	9 EA6x6x7/8	62.8	0	0	1321	4.58	124	49.27	152.4	22.1	0	4.60	0	2089	0	5.77	553	0	2.92	1	0	265	345	
S	9 EA6x6x13/16	58.6	0	0	1243	4.61	116	45.98	152.4	20.5	0	4.54	0	1968	0	5.79	517	0	2.97	1	0	265	345	
S	9 EA6x6x3/4	54.4	0	0	1164	4.62	108	42.71	152.4	18.9	0	4.49	0	1846	0	5.82	482	0	2.98	1	0	265	345	
S	9 EA6x6x11/16	50.0	0	0	1080	4.64	99.8	39.28	152.4	17.3	0	4.42	0	1714	0	5.85	446	0	2.98	1	0	265	345	
S	9 EA6x6x5/8	45.9	0	0	999	4.66	91.9	36.04	152.4	15.8	0	4.37	0	1587	0	5.88	411	0	2.99	1	0	275	355	
S	9 EA6x6x9/16	41.5	0	0	911	4.68	83.3	32.59	152.4	14.2	0	4.31	0	1448	0	5.90	374	0	3.00	1	0	275	355	
S	9 EA6x6x1/2	37.0	0	0	819	4.70	74.5	29.04	152.4	12.6	0	4.24	0	1303	0	5.93	335	0	3.01	1	0	275	355	
S	9 EA6x6x7/16	32.6	0	0	727	4.72	65.7	25.57	152.4	11.0	0	4.18	0	1156	0	5.96	297	0	3.02	1	0	275	355	
S	9 EA6x6x3/8	28.0	0	0	631	4.74	56.7	22.00	152.4	9.4	0	4.11	0	1003	0	5.98	258	0	3.03	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x3/4	44.8	0	0	651	3.81	73.5	35.13	127.0	19.0	0	3.85	0	1028	0	4.79	273	0	2.47	1	0	265	345	
S	9 EA5x5x11/16	41.3	0	0	607	3.83	68.1	32.44	127.0	17.4	0	3.79	0	961	0	4.82	253	0	2.47	1	0	265	345	
S	9 EA5x5x5/8	37.7	0	0	560	3.85	62.4	29.63	127.0	15.8	0	3.73	0	888	0	4.85	232	0	2.48	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x9/16	34.1	0	0	511	3.87	56.6	26.77	127.0	14.1	0	3.67	0	811	0	4.87	211	0	2.48	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x1/2	30.5	0	0	462	3.89	50.8	23.97	127.0	12.6	0	3.61	0	734	0	4.90	190	0	2.49	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x7/16	26.9	0	0	411	3.91	44.9	21.12	127.0	11.0	0	3.55	0	654	0	4.93	169	0	2.50	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x3/8	23.3	0	0	359	3.92	39.0	18.28	127.0	9.4	0	3.49	0	571	0	4.95	147	0	2.51	1	0	275	355	
S	9 EA5x5x11/32	0	0	0	0	0	0	0	127	8.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	355	
S	9 EA5x5x5/16	19.5	0	0	308	3.98	32.8	15.3	127.0	7.93	0	3.47	0	0	0	0	0	0	2.51	1	0	275	355	
\$\$		A	Ax	J	Ix	Rx	Zx	M	D	Tf	Sx	cy	ex	Iu	Zul	ruu	Iv	Zv2	rvv	tan	f	yl	y2	
S	9 EA4.5x4.5x5/8	0	0	0	0	0	0	0	114.3	15.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	355	
S	9 EA4.5x4.5x3/8	20.9	0	0	256	3.50	30.8	16.36	114.3	9.52	0	3.15	0	406	0	4.42	104	0	2.24	1	0	275	355	
S	9 EA4.5x4.5x5/16	0	0	0	0	0	0	0	114.3	7.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	355	

Propiedades de los perfiles angulares que puedes usar para modelar una torre.

### 4.2.2. Librería de cargas

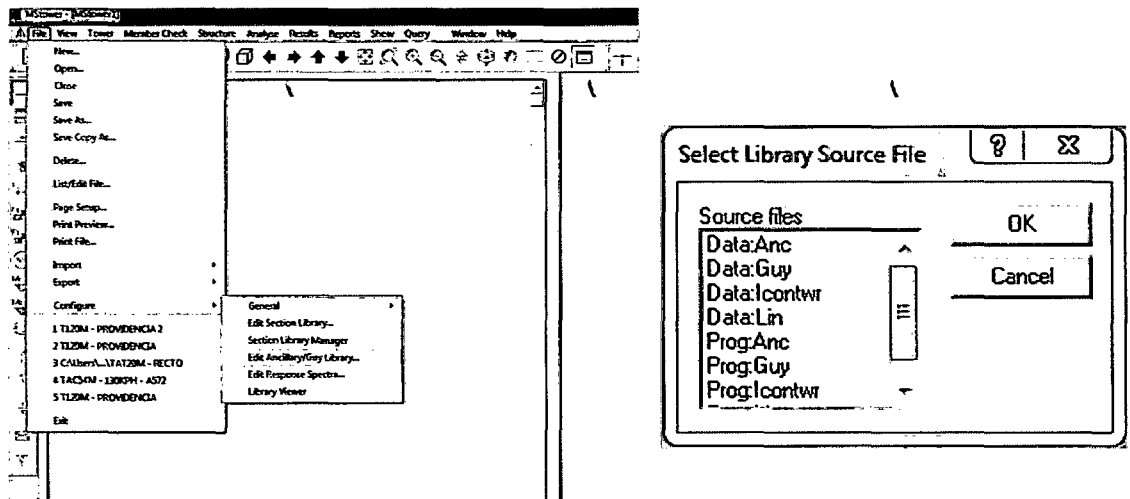


Figura N° 4.2.- Ventana de visualización de librería de cargas y cables

```

$ANDREW
$ STANDARD ONE PIECE WITH RADOME-----
$ name      type      Dim  mass  af      asf  aice  zref  xcg  xicg  fcx  fcy  fmz  icon
$           type      m    kg    m2      m2   m     m     m    m    m    m    m    m
ST1PR-2    RADOME    0.6   8    0.318  .151  .96  0    -0.112 -0.112 1    1    1    4    .6 .6 .6 $
.6m dish, Andrew
ST1PR-4    RADOME    1.2  54   1.170  .557  3.51  0    0.041  0.041 1    1    1    4    1.2 1.2 1.2 $
1.2m dish, Andrew
    
```

### 4.2.3. Librería de cables

\$ name	type	mass	af	as	aice	shape
\$		kg/m	m2/m	m2/m	m2/m	
H-LADDER	NONE	28.3	.198	.344	1.10	0
H-LADDER-N	NONE	12.0	.130	.130	1.10	0
PD-LADDER	NONE	15	.25	.10	.5	1
PD-FDR10	NONE	10	.1	.1	.314	0

## 4.3. INGRESO DE DATOS

### 4.3.1. Elementos de un panel

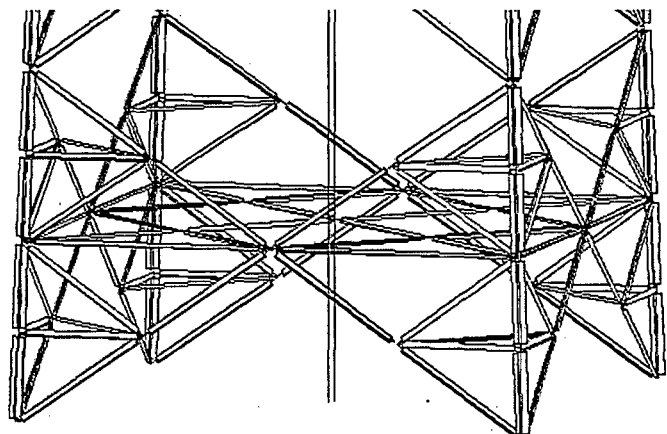


Figura N° 4.3.- Imagen de base de torre autoportada en el MsTower V6.02.002

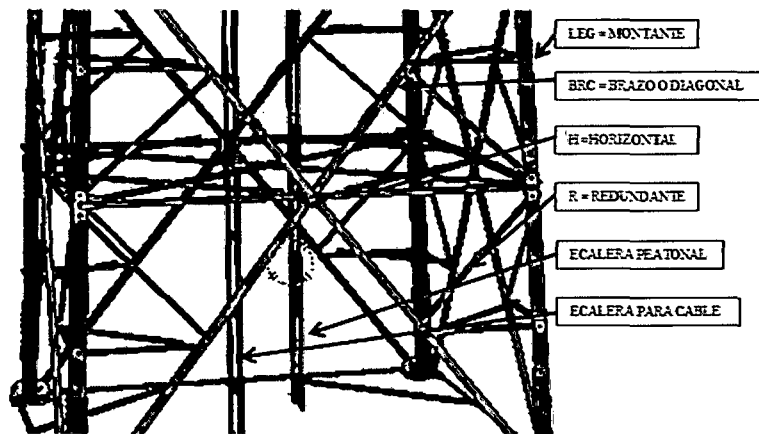


Figura N° 4.4.- Imagen de del TEKLA

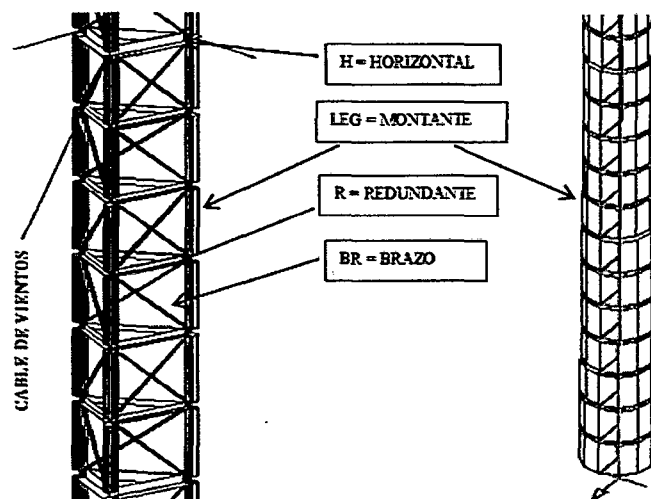


Figura N° 4.5.- Imagen de cuerpo de torre ventada y monopolo en el Ms Tower V6.0

#### 4.3.2. GEOMETRIA

Los datos del archivo están organizados en bloques lógicos:

1. Título: destinado a nombrar los títulos según el trabajo realizado o característica del mismo.
2. Componente: cuando desees definir nombrar paneles tipos adicionales incluidos y definidos en el Mstower.
3. Perfil: este bloque provee los datos para generar los nudos coordenadas y miembros de conexión de la torre. Los paneles son descritos en orden desde la cima de la torre.
4. Apoyos: este bloque es opcional y puede ser usado para modificar las condiciones de apoyo.

5. Rendas: este bloque pertenece a los mástiles arriostrados o ventados especificados en su librería.
6. Secciones: especifica las secciones de los perfiles y su determinada librería.
7. Material: este bloque es opcional, usado para cambiar valores del material a usar.
8. Pernos: este bloque especifica los diámetros de los pernos, grado y datos que requieren las conexiones.

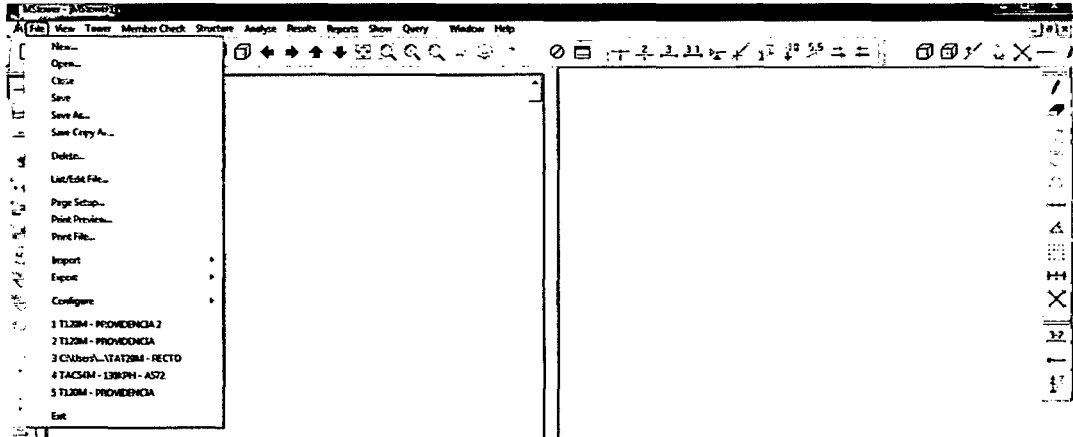


Figura N° 4.6.- Ventana de visualización de ingreso a ventana de ingreso de geometría de torre.

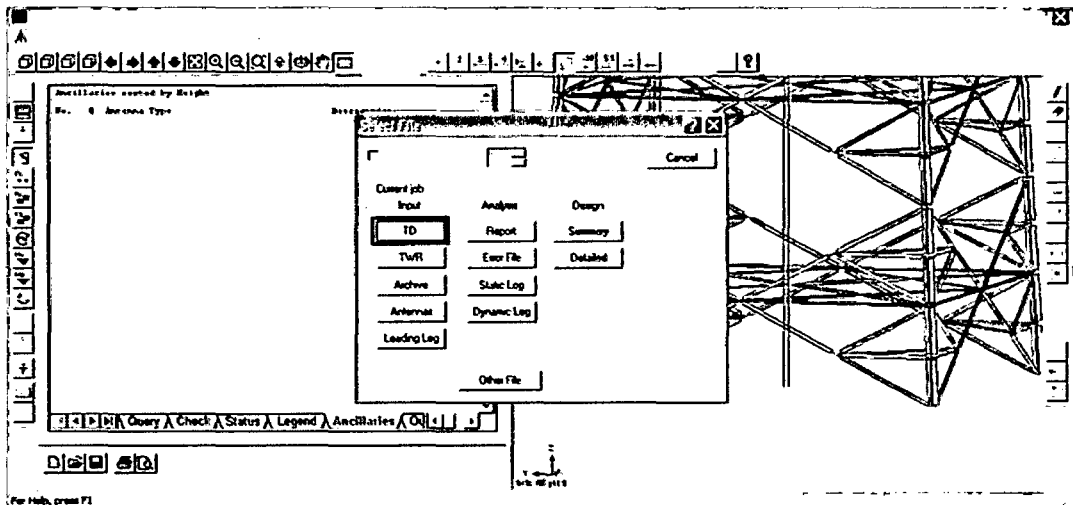


Figura N° 4.7.- Ventana de comando de ingreso de geometría de Ms Tower V6.02.002.

TITL1 MEMORIA DE CÁLCULO - TORRE AUTOSOPORTADA CUADRANGULAR DE 120M  
TITL2 DISEÑO MIRIAM SARMIENTO

UNITS 1

COMPONENT  
ESC  
END

PROFILE  
FACES 4            número de caras de la torre  
WBASE 12.0        ancho de la base  
RLBAS 0.00        nivel de ubicación desde el suelo



PANEL 1 HT 2.00 altura de cada pieza del panel TW 2.00 ancho de cada pieza del panel  
FACE X LEG 46 BR1 50 H1 50  
PLAN PL1 XIP PB1 50 PB2 50  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 2 A325-5/8  
BOLT PB1 1 A325-5/8 PB2 1 A325-5/8

PANEL 2 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 46 BR1 50 H1 50 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 50  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

-----FIN DE TRAMO RECTO-----

PANEL 25 HT 5.000  
FACE XH3 LEG 14 BR1 30 H1 30 R1 41  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 30 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 20 A325-3/4-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 26 HT 5.000  
FACE XH3 LEG 14 BR1 30 H1 30 R1 41  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 30 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 20 A325-3/4-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 27 HT 0.000  
FACE @RED

PANEL 28 HT 0.000  
FACE @TE

END

SECTIONS llama a las secciones en su respectiva librería  
LIBR P:IMP IFACT 1.0 librería de donde se extrae las dimensiones de los ángulos

\$ANGULOS SIMPLES - A36  
\$=====

414	EA4x4x1/4	Y FY 250 BH 18
314	EA3x3x1/4	Y FY 250 BH 18
2514	EA2.5x2.5x1/4	Y FY 250 BH 18
2516	EA2.5x2.5x3/16	Y FY 250 BH 18
216	EA2x2x3/16	Y FY 250 BH 18
1516	EAL.5x1.5x3/16	Y FY 250 BH 16

\$ANGULOS PARA MONTANTES - A572

\$=====

1	EA6x5/8-6x5/8	Y FY 345 BH 21
2	EA6x5/8-6x1/2	Y FY 345 BH 21
3	EA6x1/2-6x1/2	Y FY 345 BH 21
4	EA6x1/2-5x1/2	Y FY 345 BH 21
5	EA5x1/2-5x1/2	Y FY 345 BH 21
6	EA5x1/2-5x3/8	Y FY 345 BH 18
7	EA5x3/8-5x3/8	Y FY 345 BH 18
8	EA5x3/8-4x3/8	Y FY 345 BH 18
9	EA4x3/8-4x3/8	Y FY 345 BH 18
10	EA4x3/8-4x5/16	Y FY 345 BH 18
11	EA4x5/16-4x5/16	Y FY 345 BH 18
12	EA4x5/16-3x5/16	Y FY 345 BH 18
13	EA4x5/16-3x1/4	Y FY 345 BH 18
14	EA4x4x3/8	Y FY 345 BH 18
15	EA4x4x1/4	Y FY 345 BH 18
16	EA2.5x2.5x1/4	Y FY 345 BH 18

END

BOLTDATA mención de tipos de pernos

A325-11/4	A325	D 31.75	AS 791.7	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 32mm
A325-1	A325	D 25.4	AS 506.7	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 27
A325-3/4	A325	D 19.05	AS 285	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 21
A325-5/8	A325	D 15.875	AS 197.9	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 18
A325-1/2	A325	D 12.7	AS 126.6	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 14
A325-3/8	A325	D 9.525	AS 70.9	FY 620	FU 825	FV_TIA 330	\$\$ HOLE SIZE 11

```

$$ BOLTS IN DOUBLE SHEAR
A325-11/4-2 A325 D 31.75 AS 791.7 FY 620 FU 825 FV_TIA 330 NSP 2 $$ HOLE SIZE 32mm
A325-1-2 A325 D 25.4 AS 506.7 FY 620 FU 825 FV_TIA 330 NSP 2 $$ HOLE SIZE 27
A325-3/4-2 A325 D 19.05 AS 285 FY 620 FU 825 FV_TIA 330 NSP 2 $$ HOLE SIZE 19
A325-5/8-2 A325 D 15.875 AS 197.9 FY 620 FU 825 FV_EIA 330 NSP 2 $$ HOLE SIZE 16
A325-1/2-2 A325 D 12.7 AS 126.6 FY 620 FU 825 FV_TIA 330 NSP 2 $$ HOLE SIZE 13
END

```

#### 4.3.3. UDP

Son paneles definidos por el usuario en forma de archivos que se especifican en el bloque de componentes del archivo de datos de la torre. Los datos pueden representar una cara completa, una cara media, un cuarto de una sección de la torre, un par de caras adyacentes, o una sección completa en tres dimensiones de la torre, dependiendo de cuál de estos sea más conveniente para describir el panel.

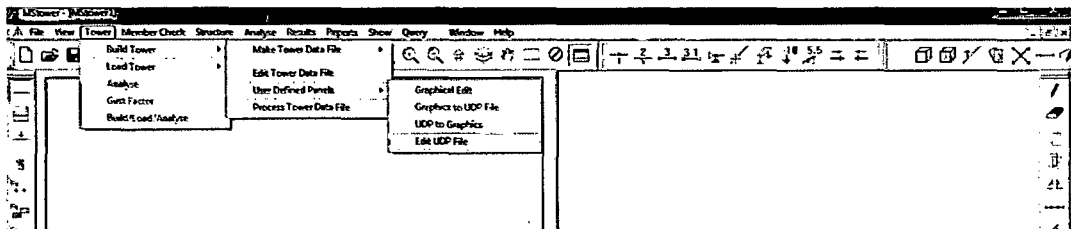


Figura N° 4.8.- Ventana de visualización de ingreso a ventana de edición de UDP de torre.

```

UDP RED nombre del componente HT 0.0000 TW 12.0000 BW 2.000
3DIM
NODE 1 -1.0325 0.5000 107.2987 000000 coordenadas de un nudo del segmento a formar
NODE 2 -0.5000 1.0325 107.2987 000000
NODE 3 1.0325 -0.5000 107.2987 000000
NODE 4 0.5000 -1.0325 107.2987 000000
NODE 5 -1.0325 -0.5000 107.2987 000000
NODE 6 -0.5000 -1.0325 107.2987 000000
NODE 7 1.0325 0.5000 107.2987 000000
NODE 8 0.5000 1.0325 107.2987 000000
.
MEMB 1 1 2 D 28 1 000000 000000 PBR 1 miembros formados por dos nudos
MEMB 2 3 4 D 28 1 000000 000000 PBR 1
MEMB 3 5 6 D 28 1 000000 000000 PBR 1
MEMB 4 7 8 D 28 1 000000 000000 PBR 1
.
END

```

#### 4.3.4. CARGAS

Este capítulo describe la operación computarizada de carga del Ms Tower y accesorios en concordancia con los requerimientos de cada norma.

Los tipos e carga incluye carga muerta, carga de hielo (con o sin viento) cargas en los nudos, cargas de viento sobre la estructura, accesorios, cables y cargas de temperatura.

Los datos están organizados en bloques lógicos:

1. Parámetros: bloque destinado a definir los parámetros de ángulo de orientación, norma de diseño, categoría topográfica, velocidad de viento, espesor de hielo, etc.
2. Terreno: especifica la variación del terreno con dirección del viento alrededor de la torre. Los datos requeridos dependen de la carga y norma que está siendo usada.

3. Velocidad (opcional): Este bloque opcional puede utilizarse para especificar un perfil de velocidad que toma precedencia sobre cualquier perfil que se pueden calcular a partir del terreno según norma.
4. Bloque nudo (opcional): Este bloque opcional puede usarse cuando se esté diseñando una cadena de torres, la lista de nodos podría definir el punto de carga con sólo el parámetro de carga Z siendo cambiadas como se añaden extensiones.
5. Lista del bloque de cables (opcional): Este bloque opcional le permite agrupar una serie de cables juntos y para referirse a ellos por su nombre al considerar la carga del hielo asimétrica casos de hielo y de carga de viento. Hasta 8 listas de cables pueden ser de entrada:
6. Bloque externo (opcional): Este bloque opcional permite un mayor control sobre el factor aplicado a miembros externos al calcular las cargas de viento.
7. Cargas: Cada caso de carga consiste en una descripción del caso, una especificación para un viento, o la carga de hielo muerto, y opcionalmente, cargas de nodos adicionales que se van a forma parte de ese caso de carga. Casos de carga Combinación consisten en una caja descripción y un número de referencias y factores caso de carga. Todas las cargas en la torre deben describirse en el bloque CARGAS.
8. Bloque Panel (opcional): El bloque PANEL no suele ser requerido.
9. Accesorios: se describe las cargas conectados a la torre, datos para la administración de cada accesorio en una línea separada como una serie de palabras clave y elementos numéricos con bibliotecas auxiliares.

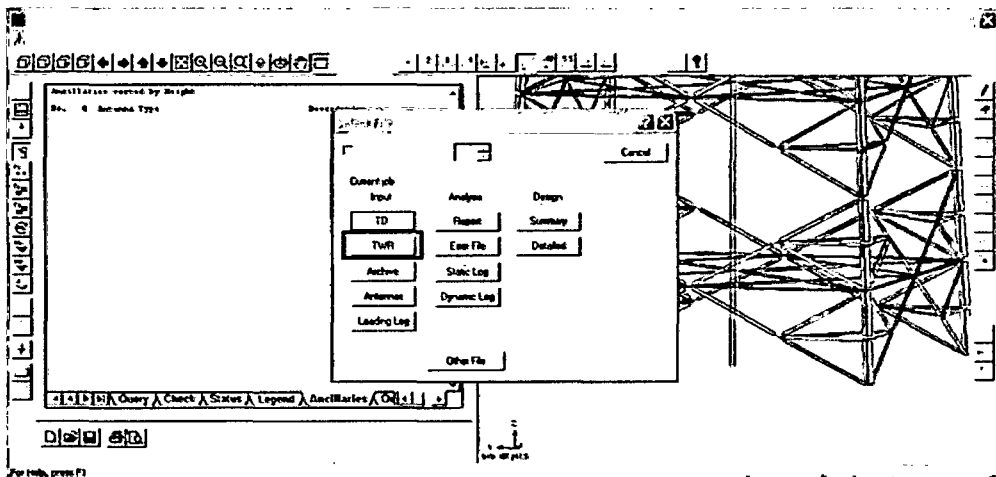


Figura N° 4.9.- Imagen de vista de ventana Ms Tower V6.02.002 y comando de ingreso de cargas.

```

PARAMETERS
ANGN      0.0          $ ángulo antihorario desde el eje X hacia el norte
CODE      TIA222G     $ norma a usar
CLASS-G   2           $ clase de torre
TOPCAT-G  1           $ categoría topográfica
VB        27.78       $ Velocidad del viento en m/s
OVERLAP   1           $ Allow for the overlap of members
END
TERRAIN
ANGLE 0 TCAT 3 categoría de exposición
END

$CARGAS CONSIDERADAS
$=====
LOADS
    
```

\$CARGA PERMANENTE: TORRE + ACCESORIOS Y ANTENA **casos de comb. De carga y direcciones del viento**

\$=====

CASE 100 CARGA PERMANENTE  
DL

\$CARGA DE SISMO EN X

\$=====

CASE 201 SISMO EN X+  
EQ GACCEL X 0.525

.

.

\$CARGA DE SISMO EN Y

\$=====

CASE 203 SISMO EN Y+  
EQ GACCEL Y 0.525

.

.

CASE 501 COMB: 0.9D+1.6(W A 0 )

COMBIN 100 0.90

COMBIN 301 1.60

.

.

\$COMBINACION 3: 1.2D+1.0E

\$=====

CASE 801 COMB: 1.2D+1.0SX

COMBIN 100 1.200

COMBIN 201 1.000

.

.

\$COMBINACIONES DE CARGA: CARGAS DE SERVICIO

\$=====

\$COMBINACION 1: 1.0D+1.0W

\$=====

CASE 1001 COMB: 1.2D+1.0(W A 0 )

COMBIN 100 1.20

COMBIN 301 1.00

.

.

END

ANCILLARIES **llama a las antenas en su respectiva librería**

LARGE LIBR P:ANC.LIB \$ use ANC.LIB if library is in DATA área **librería de donde se extrae las dimensiones y pesos, etc. De las antenas**

\$OPERARIOS

\$=====

OPERARIO1 XA 1.00 YA 0.00 ZA 120.0 LIB RF24 ANG 0

OPERARIO2 XA 1.00 YA 0.00 ZA 118.0 LIB RF24 ANG 0

OPERARIO3 XA 1.00 YA 0.00 ZA 115.0 LIB RF24 ANG 0

\$PARARRAYOS

\$=====

PARARRAYOS XA 0.00 YA 0.00 ZA 120.0 LIB IC-37 ANG 0

\$Antenas Parabolicas

\$=====

DISH-1 XA 1.0 YA 1.0 ZA 120.0 LIB SH1PR-12 ANG -45.0 \$D= 3.7 M

DISH-2 XA 1.0 YA -1.0 ZA 115.0 LIB SH1PR-12 ANG 45.0 \$D= 3.7 M

.

.

LINEAR LIBR P:LIN.LIB \$ use LIN.LIB if library in DATA área **librería de donde se extrae los cables**

\$ESCALERAS

\$=====

ESCALERAP XB -0.3 YB 0.0 ZB 0 XT -0.3 YT 0.0 ZT 120 LIB H-LADDER FACT 1 ANG 0

ESCALERAC XB 0.3 YB 0.0 ZB 0 XT 0.3 YT 0.0 ZT 120 LIB P-LADDER FACT 1 ANG 0

\$CABLES

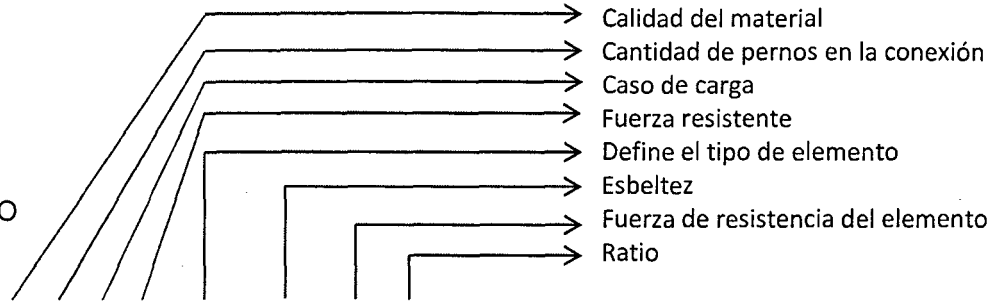
\$=====

FDR-GRP1 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 120 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0

FDR-GRP2 XB 0.1 YB 0.1 ZB 0 XT 0.1 YT 0.1 ZT 115 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0

END

4.4. RESULTADO DEL DISEÑO  
4.4.1. Ratios



Pnl	Members	Typ	Size	-----Compression-----						-----Tension-----				-----Joint-----								
				fy	nb	Case	Pu	Curve	KL/r	iPn	Pu/iPn	Case	Pu	iPn	Pu/iPn	Case	Pu	Dia	Grade	Type	iPn	Pu/iPn
24	4501-	4504	LEG STA6X6X1/2	345	20	406	1437	Leg	21v	2229	0.645	512	1194	2304	0.518	406	1437	19	A325	2S	2822	0.509
24	4541-	4544	LEG STA6X6X1/2	345	20	408	1443	Leg	21v	2229	0.647	502	1199	2304	0.521	408	1443	19	A325	2S	2822	0.511
24	4581-	4584	LEG STA6X6X1/2	345	20	412	1453	Leg	21v	2229	0.652	506	1179	2304	0.512	412	1453	19	A325	2S	2822	0.515
26	5101-	5104	LEG STA6X6X1/2	345	20	406	1591	Leg	21v	2229	0.714	512	1297	2304	0.563	406	1591	19	A325	2S	2822	0.564
26	5141-	5144	LEG STA6X6X1/2	345	20	408	1596	Leg	21v	2229	0.716	502	1302	2304	0.565	408	1596	19	A325	2S	2822	0.566
26	5181-	5184	LEG STA6X6X1/2	345	20	412	1606	Leg	21v	2229	0.721	506	1282	2304	0.556	412	1606	19	A325	2S	2822	0.569
26	5221-	5224	LEG STA6X6X1/2	345	20	402	1611	Leg	21v	2229	0.723	508	1287	2304	0.559	402	1611	19	A325	2S	2822	0.571
26	5107-	5110	XBR EA4X4X1/4	345	2	804	55	b5	153v	83	0.659	803	51	388	0.132	804	55	16	A325	1S	98	0.561

Paneles Nudos del elemento Tipo de perfiles

Esfuerzos en cada elemento de los ángulos, según el caso de carga y tipo de material.

#### 4.4.2. Verificación de límites permisibles (distorsiones)

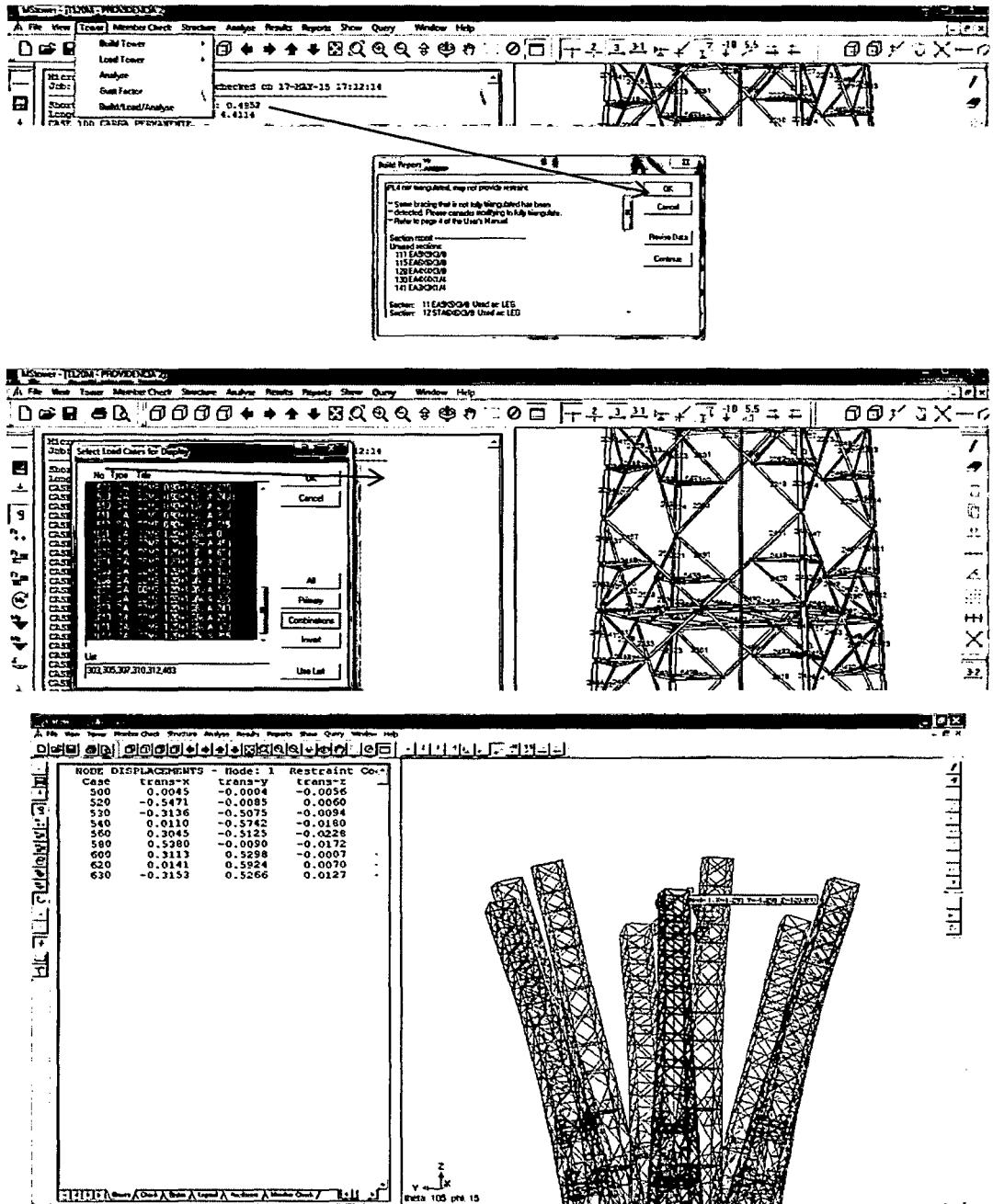


Figura N° 4.10.- Recorrido de visualización de vista desplazamientos de una torre en el MsTower V6.02.002

$$\text{Deflexión} = \text{atan} \left( \frac{L(\text{obtenido del MsTower} - m)}{H(\text{altura de la torre})} \right) * \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\text{Rotación}(z) = \theta(\text{obtenido del MsTower} - \text{rad}) * \frac{180^\circ}{\pi}$$

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE UNA TORRE AUTOSOPORTADA DE 120M DE ALTURA

#### 5.1. ASPECTOS GENERALES

El presente informe describe los criterios adoptados para el diseño estructural de una torre de 120.00 m de altura.

En la presente memoria se especifican la ubicación del proyecto, la geometría de la torre, los materiales utilizados, las normas, las cargas consideradas y sus combinaciones, método de análisis, y por último el modelamiento mediante un software.

La red de transporte de telecomunicaciones cuenta con 11 estaciones microondas de más de 120 metros de altura, ubicadas en las localidades de: Nueva Esperanza, La Providencia, Lagunas, Pucacuro, Urarinas, Saramuro, San Roque, Castilla, Miraflores, San Regis y Nuevo Fortuna. Además, a partir de Nauta hasta Iquitos está instalado un tramo de 100 kilómetros de red de fibra óptica.

##### 5.1.1. Proyecto

La Red de fibra óptica de telefónica Yurimaguas – Iquitos, consiste en la instalación de 11 torres autosoportadas, en las cuales se instalaron antenas microondas de diámetro 3.7 m a una altura mínima de 100 m de altura, para que dichas antenas cumplan con su objetivo de transmitir señales de telecomunicaciones.

La red de transporte de telecomunicaciones cuenta con 11 estaciones microondas de más de 120 metros de altura, ubicadas en las localidades de: Nueva Esperanza, La Providencia, Lagunas, Pucacuro, Urarinas, Saramuro, San Roque, Castilla, Miraflores, San Regis y Nuevo Fortuna. Además, a partir de Nauta hasta Iquitos está instalado un tramo de 100 kilómetros de red de fibra óptica.

Para este proyecto se realizó una inversión de 180 millones de soles. En la obra de infraestructura se emplearon a más de 900 personas, asimismo, se utilizó 7 mil toneladas de materiales y se instaló más de 900 equipos, entre paneles solares, baterías, antenas, radios y grupos electrógenos.

##### 5.1.2. Ubicación

El área del estudio se ubica en el Centro Poblado Providencia; distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas y departamento de Loreto. El área investigada se encuentra en la Zona 18 M, en la coordenada UTM 0388209 E, 9366948 N.

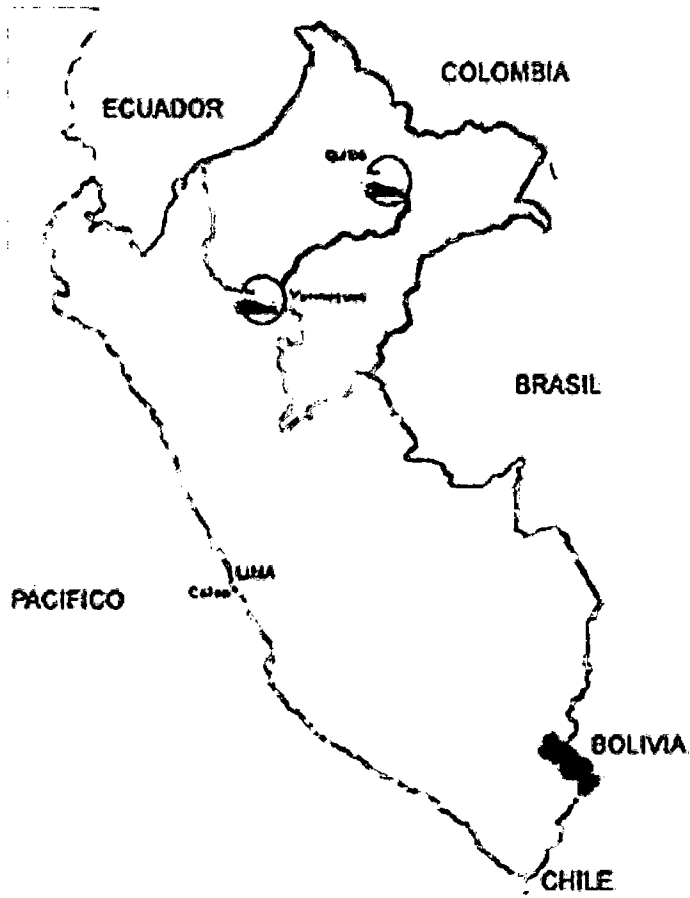


Figura N°5.1.- Ubicación del proyecto en el mapa del Perú.

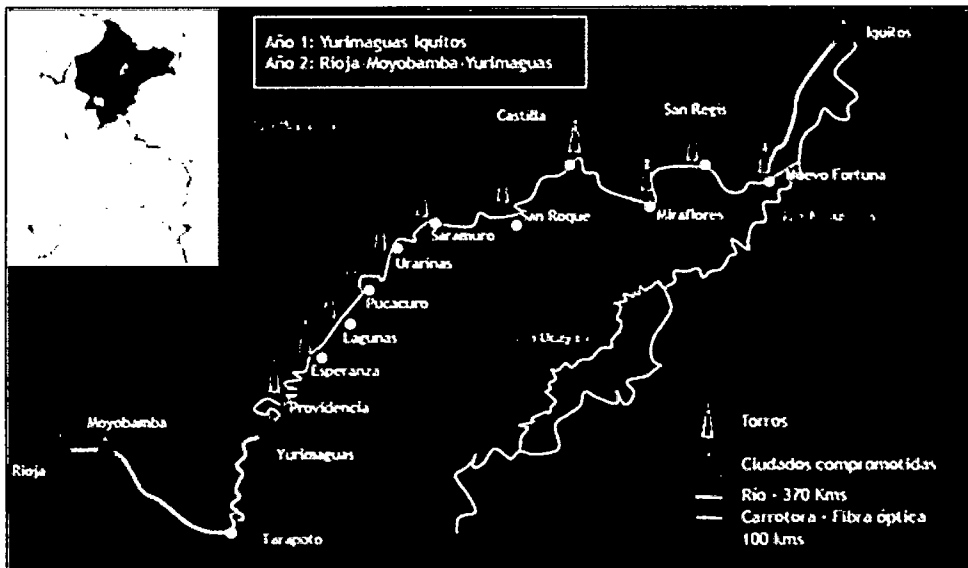


Figura N° 5.2.- Ubicación del proyecto en el Mapa del departamento Loreto .



### 5.1.3. Elección del tipo de torre

El tipo de torre de a instalar depende de:

- ✓ Área de terreno disponible
- ✓ Altura de mínima de ubicación de antenas
- ✓ Cargas a considerar
- ✓ Ubicación

Las torres tipo monopolo ocupan un área mínimo, pero a grandes alturas presentan desplazamientos que superan el límite permitido.

Las torres ventadas pueden pasar alturas de 100m, pero necesitan un área de terreno excesivamente grande para ubicación de sus cables de viento, este tipo de torre presentan rotaciones grandes debido al cargas que se imponen sobre dicha torre.

Las torres autoportadas pueden pasar de 100m, ocupan un área de terreno mínimo y soportan grandes cargas que se le imponen. Por lo tanto el tipo de torre a elegir para cumplir las solicitudes del cliente será una torre autosoportada.

Por lo tanto la el tipo de torre a instalar en dicho sitio será una torre autosopotada.

### 5.1.4. Descripción del proyecto a realizar

- ✓ Torre Autoportada
- Altura Torre: 120 metros

Acabado

Galvanizado y pintado

- ✓ Escalerillas y cable rack
- Estos elementos serán de 300 mm y 500 mm de ancho galvanizados en caliente para el recorrido de los cables, desde el nivel cero hasta una altura de 120m.

- ✓ Losa de Equipos
- El equipo PCS, el cual estará apoyado sobre una plancha metálica, dentro de la caseta a instalar.

- ✓ Obras Preliminares
- Estas involucran todo los trabajos previos a la ejecución de las obras civiles requeridos para la correcta ejecución de las mismas tales como: Demoliciones, Trazo y Replanteo, etc.

- ✓ Obras de Concreto Armado
- En esta etapa se ejecutará el vaciado de cimentaciones de todos los elementos sobre los cuales se construirá una torre de autoportada triangular de 120m de altura.

El concreto a utilizar será de calidad  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .

El acero corrugado de construcción a emplearse tendrá un esfuerzo de fluencia de:  $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$  y el diseño efectuado sigue las pautas del R.N.E.

Las Estructuras Metálicas a montar en la torre que soporta antenas han sido diseñados según las especificaciones del ANTI TIA 222G y las Normas ASTM correspondientes siendo la calidad del acero a emplear ASTM A-36 y ASTM A-572 gr50.

Los elementos se instalarán sobre cimientos de zapatas aisladas y estas a su vez estarán instaladas bajo pilotes de acero.

## 5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los materiales utilizados son los siguientes:

- ✓ ASTM A572 Acero estructural de alta resistencia de baja aleación de columbio vanadio.
- ✓ ASTM A36, Acero de los perfiles que conforman la estructura de la torre.
- ✓ ASTM A325, Perno para la conexión de los elementos de la estructura de la torre.
- ✓ ASTM A123, Galvanizado de los elementos de la estructura de la torre.
- ✓ ASTM A153, Galvanizado de los pernos de conexión.
- ✓ SAE1045, Pernos de anclaje, conexión de torre con cimiento.

Propiedades del acero

- ✓ A572 Gr50, Fluencia del Acero=345Mpa, Fractura del acero=552Mpa, Acero para Montantes
- ✓ A36, Fluencia del Acero=250Mpa, Fractura del acero=408Mpa, Acero para diagonales, horizontales, redundantes y techos
- ✓ ASTM A325, Fluencia del Acero=620Mpa, Fractura del acero=825Mpa, Acero para pernos de Conexión
- ✓ SAE1045, Fluencia del Acero=413Mpa, Fractura del acero=674Mpa, acero para pernos de anclaje
- ✓  $E=205000\text{Mpa}$ , Modulo de elasticidad del acero
- ✓  $F'c=20.6\text{Mpa}$ , Resistencia a compresión del concreto

## 5.3. NORMA

La norma utilizada para el cálculo y diseño de la torre es la norma ANSI/TIA 222-G. "Norma estructural para antenas y estructuras que soportan antenas"

Entre otras normas a tomar en cuenta tenemos:

- ✓ Norma Técnica E.090 Estructuras Metálicas
- ✓ Norma Técnica E.060 Concreto Armado
- ✓ Norma Técnica E.030 Sismo
- ✓ Norma Técnica E.020 Cargas

## 5.4. GEOMETRIA

La torre autoportada es de forma tronco cónico hasta una cierta altura y un tramo recto para la ubicación de las antenas.

Las torres autoportadas son armados o ensamblados por perfiles angulares de acero, conectados mediante empalmes de perfiles angulares, planchas de acero y pernos.

Por la facilidad de conectarse mediante planchas y pernos de acero, los perfiles utilizados para fabricación y montaje de la torre serán; perfiles angulares de acero.

El ancho de la torre o separación de las patas de la misma es 10% de la altura de la torre como mínimo, para poder controlar los desplazamientos y esfuerzos en los elementos.

El ancho en el tramo recto de la torre de la parte superior es un ancho mínimo (1.2m), para que los operarios puedan trasladarse o subir con facilidad.

La torre consta de una estructura regular de 04 lados. Las dimensiones generales de la estructura son las siguientes:

- ✓ Altura total 120.0 m.
- ✓ Ancho de la base 12.0 m.
- ✓ Ancho de la base sección recta 2.0 m.

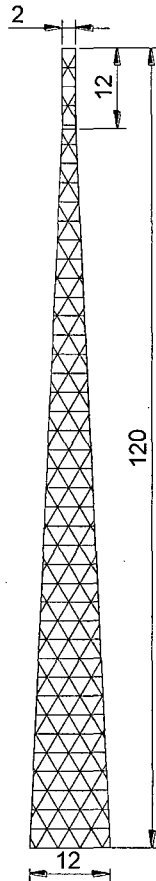


Figura N°5.3.- vista en elevación de la torre

### 5.4.1. Modelo Generado en el Ms Tower V06.02.002

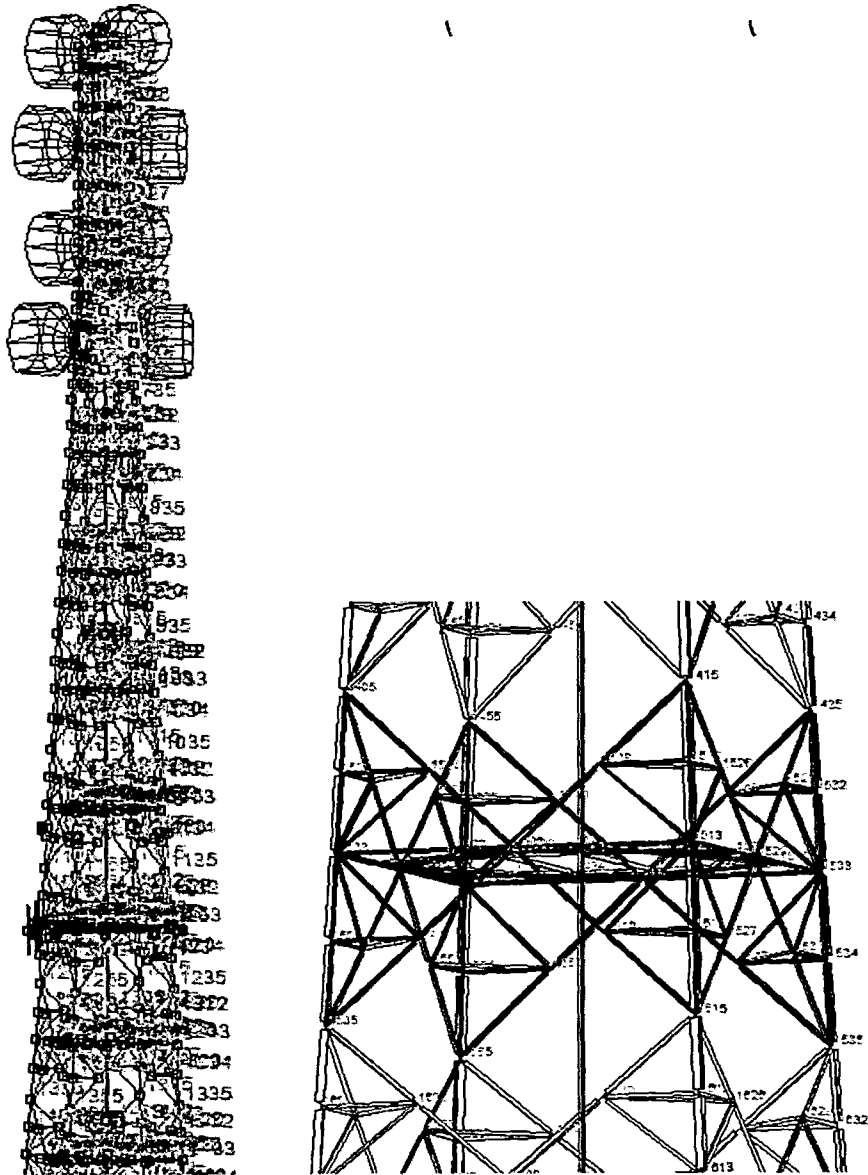


Figura N°5.4.- Vista de enumeración de nudos de la torre en el Ms Tower V06.02.002

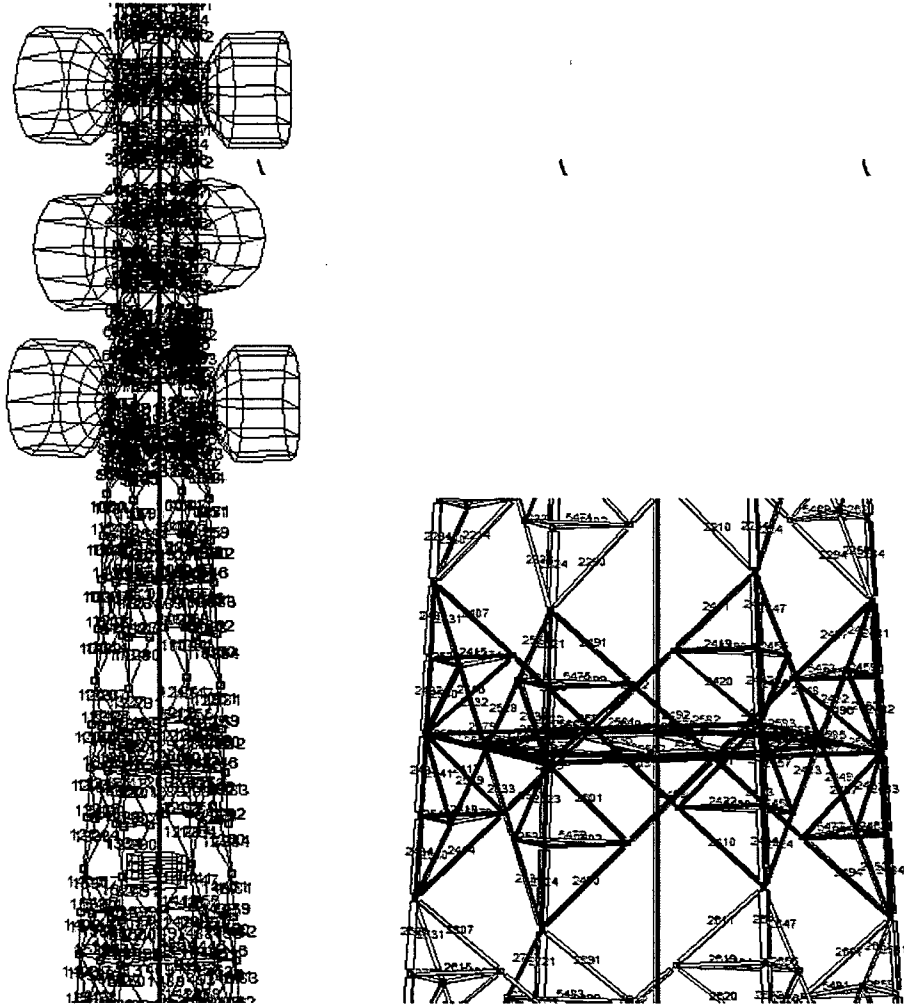


Figura N°5.5.- Vista de enumeración de elementos de la torre en el Ms Tower V06.02.002

## 5.5. CALCULOS PARA EL DISEÑO

Para cálculo de la resistencia de cada elemento, antes se definirá las propiedades geométricas de los perfiles utilizados en la estructura.

### 5.5.1. Propiedades geométricas de ángulos simples.

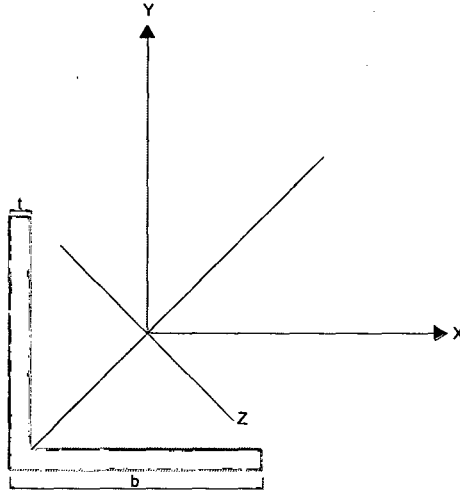


Figura N° 5.6.- Sección transversal de Perfiles angulares a 90°

Tabla N° 5.1.- Propiedades geométricas de perfiles simple utilizados

Perfil Angular	W(mm)	t (mm)	A (cm <sup>2</sup> )	rz (cm)
L6x6x1/2	152.4	12.7	37.10	2.997
L6x6x3/8	152.4	9.53	28.12	3.023
L5x5x3/8	127.0	9.53	23.29	2.504
L4x4x3/8	101.6	9.53	18.45	1.979
L4x4x1/4	101.6	6.35	12.45	1.989
L3x3x1/4	76.2	6.35	9.29	1.486
L2.5x2.5x1/4	63.5	6.35	7.68	1.224
L2.5x2.5x3/16	63.5	4.76	5.81	1.224
L2x2x3/16	50.8	4.76	4.66	0.988
L1.5x1.5x3/16	38.1	4.76	3.4	0.744

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

L = Lado del perfil angular utilizado en mm

t = Espesor del perfil angular en mm

Ag = Área bruta de la sección transversal en cm<sup>2</sup>

r = Radio de giro en el eje más débil de la sección en cm

### 5.5.2. Propiedades geométricas del ángulos dobles en cruz

Para los montantes de los últimos paneles se utilizó perfiles armados, a continuación se muestra sus propiedades geométricas de dichos perfiles.

El cálculo del radio se giró se hizo en su eje más débil de la sección armada.

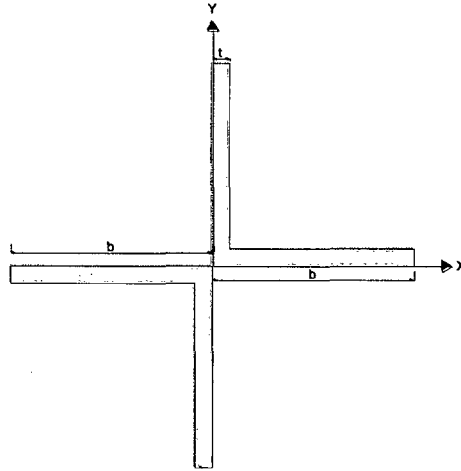


Figura N°5.7.- Vista de sección transversal de perfiles armados

Tabla N° 5.2.- Propiedades geométricas de perfiles dobles utilizados

Perfil Armado	w1(mm)	t1 (mm)	w2(mm)	t2 (mm)	Ag(cm <sup>2</sup> )	rv (cm)
L5x5x1/2+L5x5x1/2	127.00	12.70	127.00	12.70	61.29	4.411
L5x5x3/8+L5x5x3/8	127.00	9.53	127.00	9.53	46.57	4.402
L4x4x3/8+L4x4x3/8	101.60	9.53	101.60	9.53	36.90	3.527

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

W1 = Lado del mayor perfil angular utilizado en mm

t1 = Espesor del mayor perfil angular en mm

W2 = Lado del menor perfil angular utilizado en mm

t2 = Espesor del menor perfil angular en mm

Ag = Área bruta de la sección transversal en cm<sup>2</sup>

r = Radio de giro en el eje más débil de la sección en cm

### 5.6. CARGAS

Las cargas consideradas son:

#### 5.6.1. Carga permanente (D)

- Carga debido al peso propio de la estructura (peso de los elementos estructurales y los pernos de conexión)
- Accesorios (Peso de antenas, soportes de antenas, plataformas, escaleras, cables, etc.)

Las características de las dimensiones y pesos de las antenas son proporcionados por parte del cliente, en caso contrario con respecto a los pesos de las antenas o accesorios el programa tiene librerías con todas las características de las antenas o accesorios.

Cargas de antenas Microondas:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Antenas Microondas de diámetro 3.7m ubicado a 120m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 600kg, peso total de 2MW+Soportes	=1200kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Antenas Microondas de diámetro 3.7m ubicado a 115m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 600kg, peso total de 2MW+Soportes	=1200kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Antenas Microondas de diámetro 3.7m ubicado a 110m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 600kg, peso total de 2MW+Soportes	=1200kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Antenas Microondas de diámetro 3.7m ubicado a 100m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 600kg, peso total de 2MW+Soportes	=1200kg

Cargas adicionales:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Antenas Microondas de diámetro 0.6m ubicado a 80m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 70kg, peso total de 3MW+Soportes	=210kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas Microondas de diámetro 0.3m ubicado a 80m</li> </ul>	
Peso de 1MW + Soporte = 40kg, peso total de 1MW+Soportes	=40kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9 Antenas RF de 2.0m ubicado a 75m</li> </ul>	
Peso de 1RF + Soporte = 70kg, peso total de 9RF+Soportes	=630kg
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 9 Antenas RRU de 0.5m ubicado a 75m</li> </ul>	
Peso de 1RRU + Soporte = 40kg, peso total de 9RF+Soportes	=360kg

Cargas consideradas para su debida función de las antenas:

1 Plataforma de descanso a 15m, peso	= 280kg
1 Plataforma de descanso a 40m, peso	= 280kg
1 Plataforma de descanso a 65m, peso	= 125kg
1 Plataforma de descanso a 90m, peso	= 125kg
1 Plataforma de trabajo a 120m, peso	= 325kg
1 Plataforma de trabajo a 75m, peso	= 550kg

3 Antenas RF que representaran a 3 operarios para el mantenimiento



Peso de 1RF = 80kg, peso total de 9RF+Soportes = 240kg

Las plataformas de descanso son consideradas la primera 15 m y las siguientes cada 25 m para que los operarios puedan tener seguridad al momento de subir la torre.

1 Escalera para los operarios, peso = 12kg/m

1 Escalera de Cables, peso = 12kg/m

1 pararrayo, peso = 25kg

### 5.6.2. Carga de viento

La velocidad de viento para el diseño de la torre se considera 100Km/h para un periodo de retorno de 50 años, velocidad considerada de acuerdo al mapa eólico del Perú para la zona de Yurimaguas, de acuerdo a la norma de cargas, E.020.

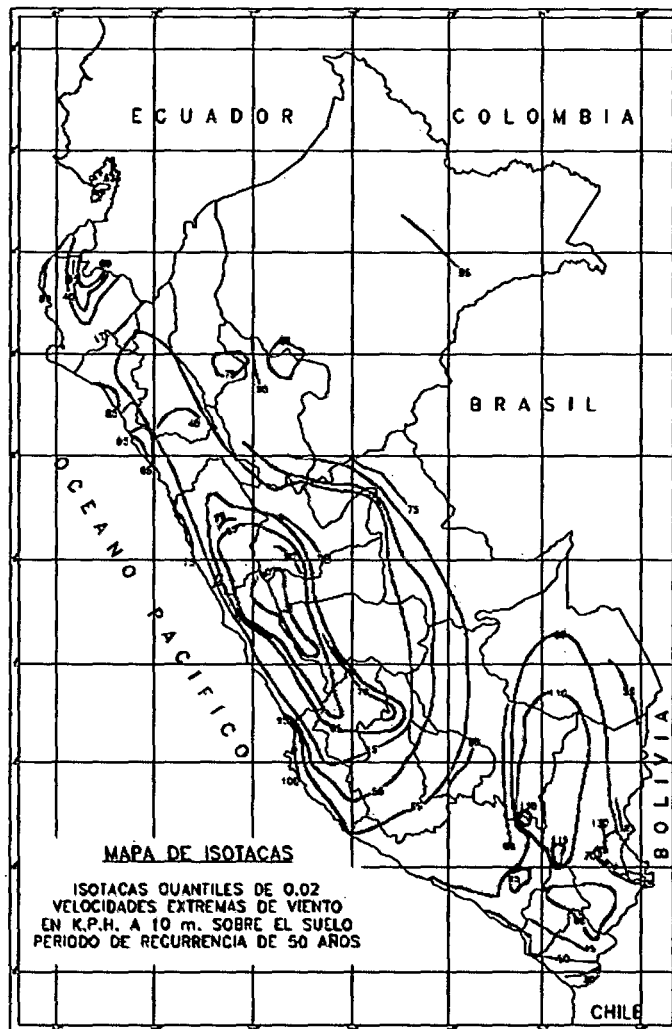


Figura N°5.8.- Mapa eólico del Perú (Fuente: Norma E.020)

Los parámetros de diseño serán determinados de acuerdo a la clasificación de la estructura, categoría de exposición de la estructura y categoría topográfica de la estructura, de acuerdo a la norma ANSI/TIA-222G.

### Clasificación de la estructura, de acuerdo a Tabla 3-1

Debido a la altura y que en caso de falla representa un riesgo considerable en términos de seguridad de las personas y/o daños a la propiedad, la estructura se clasifica en clase II.

### Categoría topográfica de la estructura, de acuerdo a 3.2.2.2

Debido a que la torre donde será ubicada no presenta cambios bruscos en la topografía general, es decir es un terreno llano, la categoría topográfica es 1.

### Categoría de exposición de la estructura, de acuerdo a 3.2.2.3

La zona donde se ubicara la torre presenta un terreno abierto con obstáculos dispersos de altura generalmente inferior a 9.1m, es decir de campo abierto, por lo tanto la categoría de exposición es C.

### Cálculo de la Presión dinámica

Se realizara el cálculo de la presión dinámica del viento que se aplicará en toda la estructura de la torre y los accesorios, está definido de acuerdo a 3.2.2.4.1

$$q_z = 0.613 * K_z * K_{zt} * K_d * I * V^2$$

- $\alpha$  = 1 de acuerdo a Tabla 3-4  
 $Z_g$  = 274m de acuerdo a Tabla 3-4  
 $K_{zmin}$  = 0.85 de acuerdo a Tabla 3-4  
 $K_{zt}$  = 1  
 $K_d$  = 0.85 de acuerdo a la Tabla 3-5  
 $I$  = 1 de acuerdo a Tabla 3-2  
 $V$  = 100 km/h <> 27.78 m/s

$Z_g =$	274
alfa =	9.5
$k_{zmin} =$	0.85
$K_{zt} =$	1
$k_d =$	0.85
$I =$	1
$V =$	27.78

Tabla N° 5.3.- Presión de viento

Z	kz	kzt	qz	Vz
0.1	0.85	1	341.79	23.6
2.598	0.85	1	341.79	23.6
5.096	0.87	1	349.31	23.9
7.594	0.94	1	379.92	24.9
10.092	1.00	1	403.36	25.7
12.590	1.05	1	422.58	26.3
15.088	1.09	1	438.99	26.8
17.585	1.13	1	453.38	27.2
20.083	1.16	1	466.24	27.6
22.581	1.19	1	477.89	27.9
25.079	1.22	1	488.56	28.2
27.577	1.24	1	498.43	28.5
30.075	1.26	1	507.61	28.8
32.573	1.28	1	516.21	29.0
35.071	1.30	1	524.30	29.2
37.569	1.32	1	531.95	29.5
40.067	1.34	1	539.21	29.7
42.565	1.36	1	546.12	29.8
45.063	1.37	1	552.71	30.0
47.560	1.39	1	559.03	30.2
50.058	1.41	1	565.09	30.4
52.556	1.42	1	570.91	30.5
55.054	1.43	1	576.52	30.7
57.552	1.45	1	581.93	30.8
60.050	1.46	1	587.16	30.9
62.548	1.47	1	592.21	31.1
65.046	1.48	1	597.12	31.2
67.544	1.50	1	601.87	31.3
70.042	1.51	1	606.49	31.5
72.540	1.52	1	610.98	31.6
75.038	1.53	1	615.35	31.7
77.535	1.54	1	619.61	31.8
80.033	1.55	1	623.76	31.9
82.531	1.56	1	627.81	32.0
85.029	1.57	1	631.76	32.1
87.527	1.58	1	635.63	32.2
90.025	1.59	1	639.40	32.3
92.523	1.60	1	643.10	32.4
95.021	1.61	1	646.71	32.5
97.519	1.62	1	650.26	32.6

100.017	1.63	1	653.73	32.7
102.515	1.63	1	657.13	32.7
105.013	1.64	1	660.47	32.8
107.510	1.65	1	663.75	32.9
110.008	1.66	1	666.97	33.0
112.506	1.67	1	670.13	33.1
115.004	1.67	1	673.23	33.1
117.502	1.68	1	676.28	33.2
120.000	1.69	1	679.28	33.3

Fuente: Elaboración propia.

Una vez definido los parámetros o factores, se presenta a continuación una tabla de la presión dinámica desde la altura 0.0m hasta 120.0m.

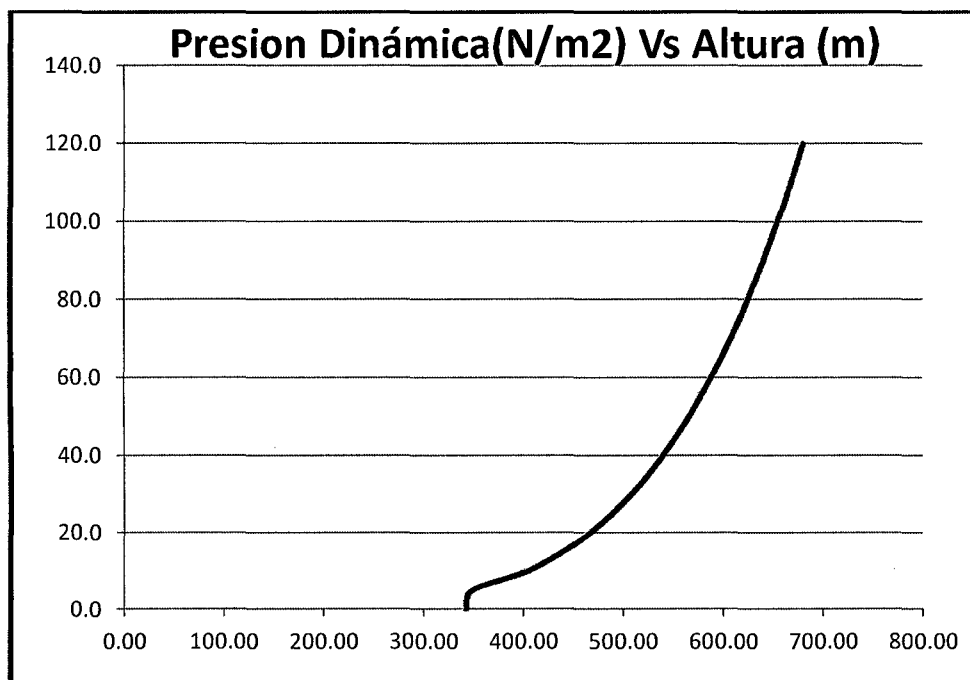


Figura N°5.9.- Presión dinámica vs altura de torre

### 5.6.3. CARGA DE SISMO

Muy a pesar de que las cargas de sismos no son determinantes para el diseño de la torre debido al poco peso de este tipo de estructuras, es necesario realizar un cálculo para garantizar la innecesidad de considerar LAS CARGAS DE SISMO: con lo que se busca:

El análisis sísmico de la estructura se realizará en el programa SAP2000 V17.1.1. Debido a la facilidad de ingreso del espectro.

De acuerdo al ítem 3.2.3.3. se calculará el espectro de aceleración de la torre.

Cálculo de las aceleraciones para períodos cortos ( $S_s$ ) y aceleraciones para períodos de 1 segundo ( $S_1$ )

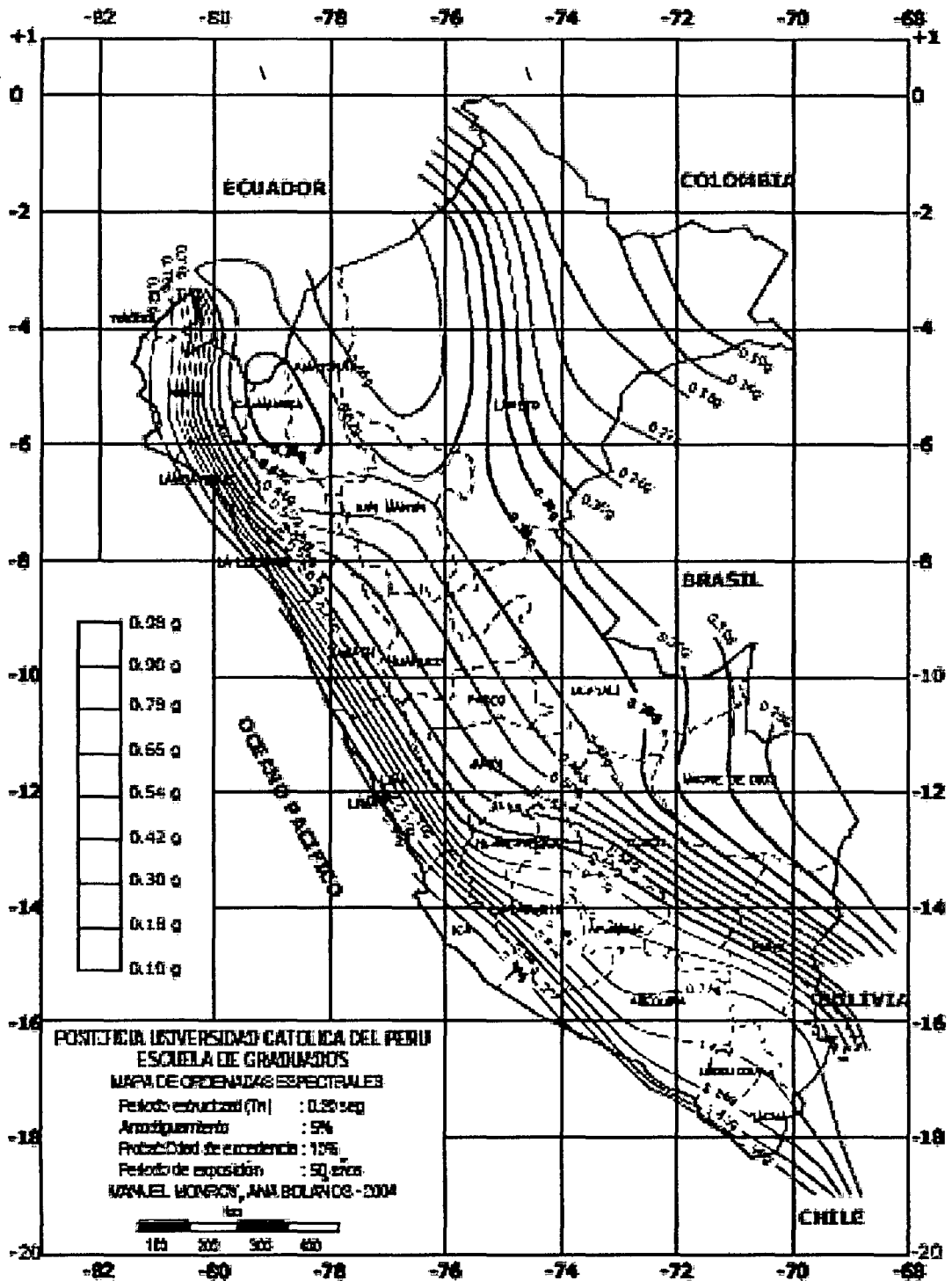


Figura N° 5.10.- Aceleración máxima para períodos cortos con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)

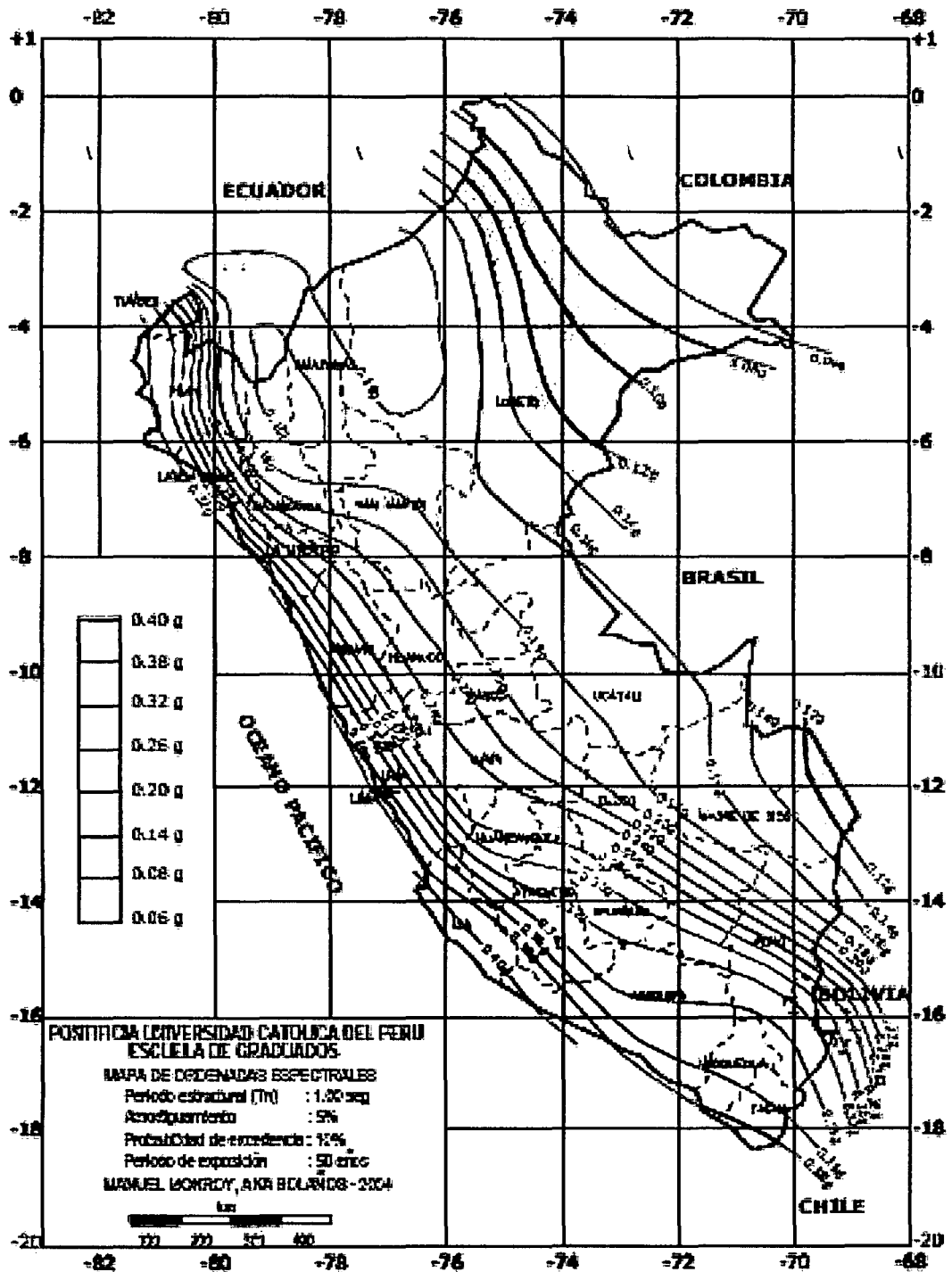


Figura N° 5.11.- Aceleración máxima para períodos de 1 segundo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)

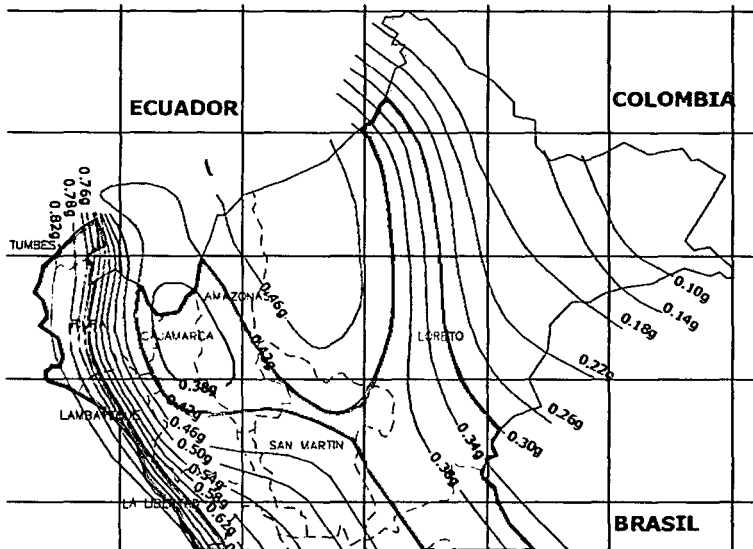


Figura N° 5.12.- Aceleración máxima para períodos cortos con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años - Yurimaguas. (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)

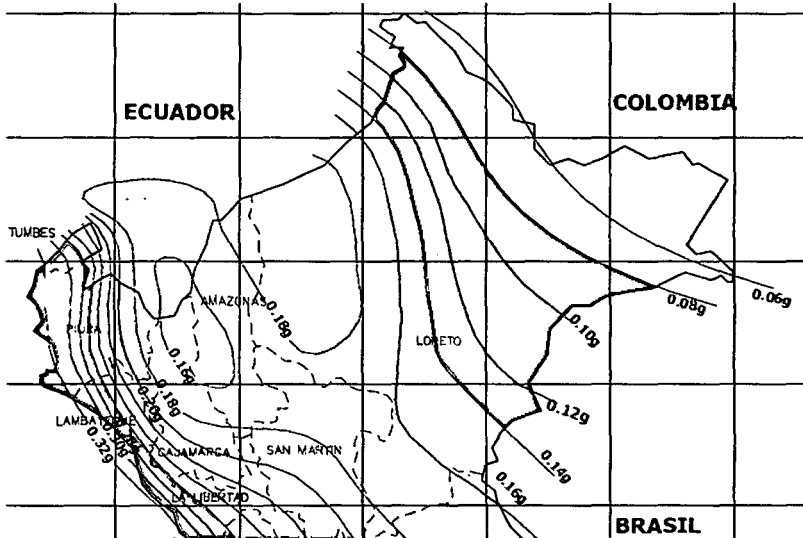


Figura N° 5.13.- Aceleración máxima para períodos de 1 segundo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años - Yurimaguas. (Fuente: Ana Bolaños y Manuel Monroy 2004-Espectros Peligro Sísmico)

De la información anterior:

$S_s$ : 0.46

$S_1$ : 0.18

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{L}}}$$

$T_R$  = periodo de retorno

$p$  = probabilidad de excedencia  
 $t_L$  = vida de diseño

Para una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años el periodo de retorno es de  $T_R = 475$  años.

Para una probabilidad de 2% de ser excedida en 50 años el periodo de retorno es de  $T_R = 2475$  años.

De acuerdo al Euro código 8 parte 2, Anexo A, existe aproximaciones aceptables de Relación entre aceleraciones del suelo y periodos de retorno.

$$\frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$$

$k$  = valor que puede variar entre 0.3 y 0.4

$K = 0.4$

Transformaciones de aceleraciones para periodos cortos y aceleraciones para periodos de 1 segundo de una probabilidad de 10% a una probabilidad de 2%.

Transformaciones de aceleraciones para periodos cortos,  $S_s$

$$\frac{S_{s-2\%}}{S_{s-10\%}} = \frac{S_{s-2\%}}{0.46} = \left[\frac{2475}{475}\right]^{0.4}$$

$$S_{s-2\%} = 0.89$$

Transformaciones de aceleraciones para periodos de 1 segundo,  $S_1$

$$\frac{S_{1-2\%}}{S_{1-10\%}} = \frac{S_{1-2\%}}{0.18} = \left[\frac{2475}{475}\right]^{0.4}$$

$$S_{1-2\%} = 0.35$$

Según el ítem 3.2.2. de EMS del informe técnico de Providencia la tabla N° 3.10 la clasificación de predio se encuentra en la clase D.

Según tabla N° 3.8

Con clase de Predio D y  $S_s = 0.89$ , interpolando  $F_a = 1.032$

Según tabla N° 3.9

Con clase de Predio D y  $S_1 = 0.35$ , interpolando  $F_a = 1.7$

$$S_{DS} = 2/3 F_a S_s = 0.61$$

$$S_{D1} = 2/3 F_v S_1 = 0.40$$

$$T_o = 0.2 S_{D1}/S_{DS} = 0.13$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0.65$$

Espectro de diseño para la dirección "X" e "Y"



Tm	Sam
0.00	2.40
0.05	3.80
0.10	5.19
0.15	6.01
0.20	6.01
0.25	6.01
0.30	6.01
0.35	6.01
0.40	6.01
0.45	6.01
0.50	6.01
0.55	6.01
0.60	6.01
0.65	5.99
0.70	5.56
0.75	5.19
0.80	4.87
0.85	4.58
0.90	4.33
0.95	4.10
1.00	3.89
1.05	3.71
1.10	3.54
1.15	3.39
1.20	3.25
1.25	3.12
1.30	3.00
1.35	2.88
1.40	2.78
1.45	2.69
1.50	2.60
1.55	2.51
1.60	2.43
1.65	2.36
1.70	2.29
1.75	2.23
1.80	2.16
1.85	2.11
1.90	2.05
1.95	2.00
2.00	1.95
2.05	1.90
2.10	1.85
2.15	1.81
2.20	1.77
2.25	1.73
2.30	1.69
2.35	1.66
2.40	1.62
2.45	1.59
2.50	1.56
2.55	1.53
2.60	1.50
2.65	1.47
2.70	1.44
2.75	1.42
2.80	1.39
2.9	1.37

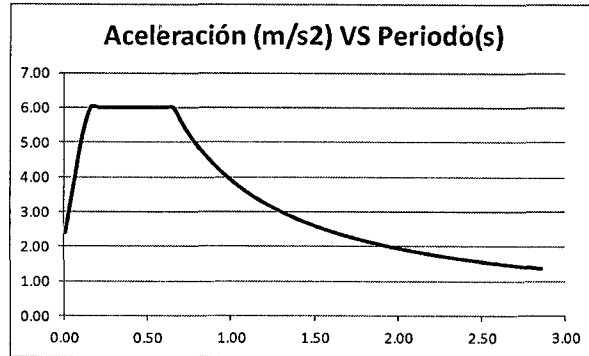


Figura N°5.14.- Espectro de aceleración.

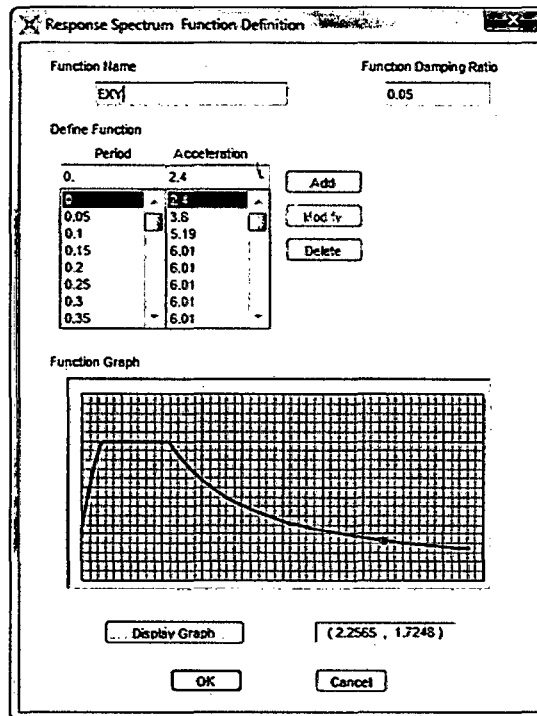


Figura N°5.15.- Espectro de Aceleración ingresado en el sap2000

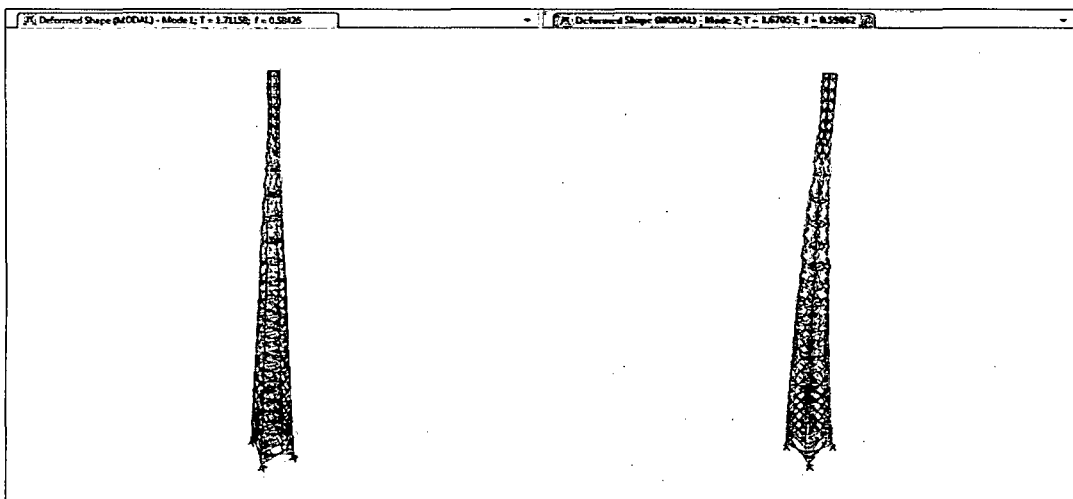


Figura N°5.16.- Primer y segundo modo de vibración de la estructura

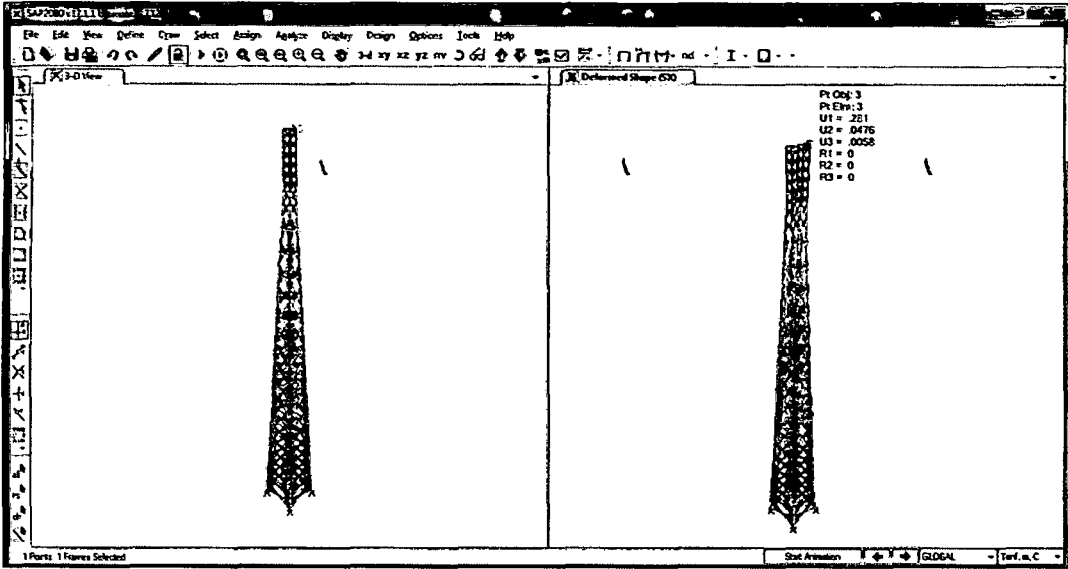


Figura N° 5.17.- Desplazamiento de la estructura en la dirección X-X

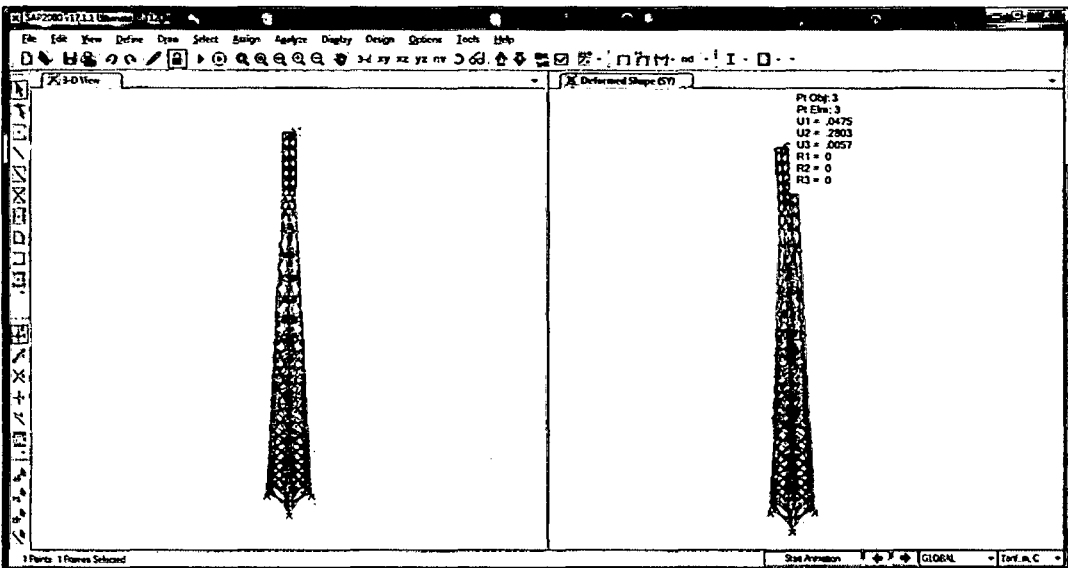


Figura N° 5.18.- Desplazamiento de la estructura en la dirección Y-Y

Cortantes en la base de la estructura

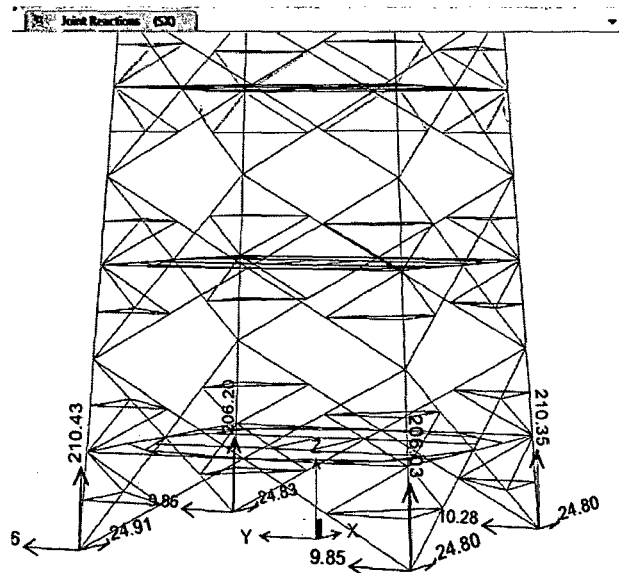


Figura N°5.19.- Cortante en la base en la dirección X-X

$$V_{sx} = 1.25 * (24.91 + 24.83 + 24.8 + 24.8) / 3$$

$$V_{sx} = 41.39 \text{ KN}$$

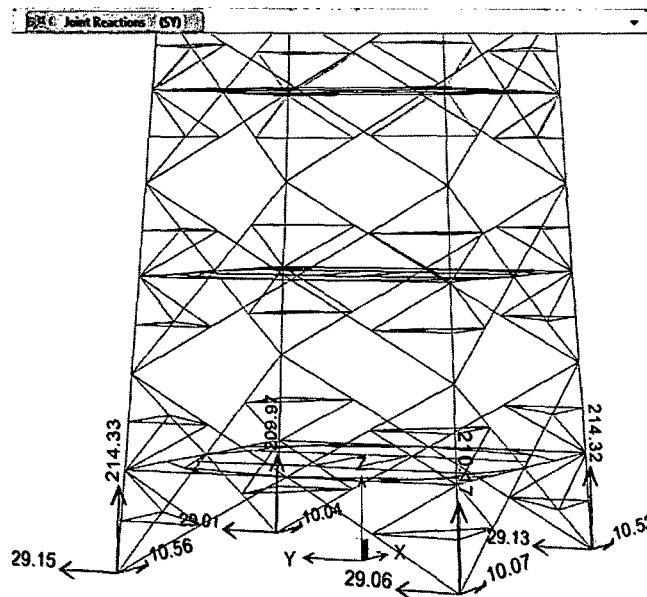


Figura N°5.20.- Cortante en la base en la dirección Y-Y

$$V_{sy} = 1.25 * (29.15 + 29.01 + 29.06 + 29.13) / 3$$

$$V_{sy} = 48.78 \text{ KN}$$

## 5.7. COMBINACIONES DE CARGA.

De acuerdo a 3.2.6 las combinaciones debido a cargas mayoradas en las diferentes direcciones de viento, y en ambas direcciones de sismo son las siguientes:

\$===== COMB: 1.2D+1.6W<sub>o</sub>

- 401 COMB: 1.2D+1.6(W A 0 )
- 402 COMB: 1.2D+1.6(W A 45 )
- 403 COMB: 1.2D+1.6(W A 60 )
- 404 COMB: 1.2D+1.6(W A 90 )
- 405 COMB: 1.2D+1.6(W A 120 )
- 406 COMB: 1.2D+1.6(W A 135 )
- 407 COMB: 1.2D+1.6(W A 180 )
- 408 COMB: 1.2D+1.6(W A 225 )
- 409 COMB: 1.2D+1.6(W A 240 )
- 410 COMB: 1.2D+1.6(W A 270 )
- 411 COMB: 1.2D+1.6(W A 300 )
- 412 COMB: 1.2D+1.6(W A 315 )

\$===== COMB: 0.9D+1.6W<sub>o</sub>

- 501 COMB: 0.9D+1.6(W A 0 )
- 502 COMB: 0.9D+1.6(W A 45 )
- 503 COMB: 0.9D+1.6(W A 60 )
- 504 COMB: 0.9D+1.6(W A 90 )
- 505 COMB: 0.9D+1.6(W A 120 )
- 506 COMB: 0.9D+1.6(W A 135 )
- 507 COMB: 0.9D+1.6(W A 180 )
- 508 COMB: 0.9D+1.6(W A 225 )
- 509 COMB: 0.9D+1.6(W A 240 )
- 510 COMB: 0.9D+1.6(W A 270 )
- 511 COMB: 0.9D+1.6(W A 300 )
- 512 COMB: 0.9D+1.6(W A 315 )

De acuerdo a 3.2.7 las combinaciones debido a cargas de servicio son las siguientes:

\$===== COMB: 1.2D+1.0W<sub>o</sub>

- 1001 COMB: 1.2D+1.0(W A 0 )
- 1002 COMB: 1.2D+1.0(W A 45 )
- 1003 COMB: 1.2D+1.0(W A 60 )
- 1004 COMB: 1.2D+1.0(W A 90 )
- 1005 COMB: 1.2D+1.0(W A 120 )
- 1006 COMB: 1.2D+1.0(W A 135 )
- 1007 COMB: 1.2D+1.0(W A 180 )
- 1008 COMB: 1.2D+1.0(W A 225 )
- 1009 COMB: 1.2D+1.0(W A 240 )
- 1010 COMB: 1.2D+1.0(W A 270 )
- 1011 COMB: 1.2D+1.0(W A 300 )
- 1012 COMB: 1.2D+1.0(W A 315 )

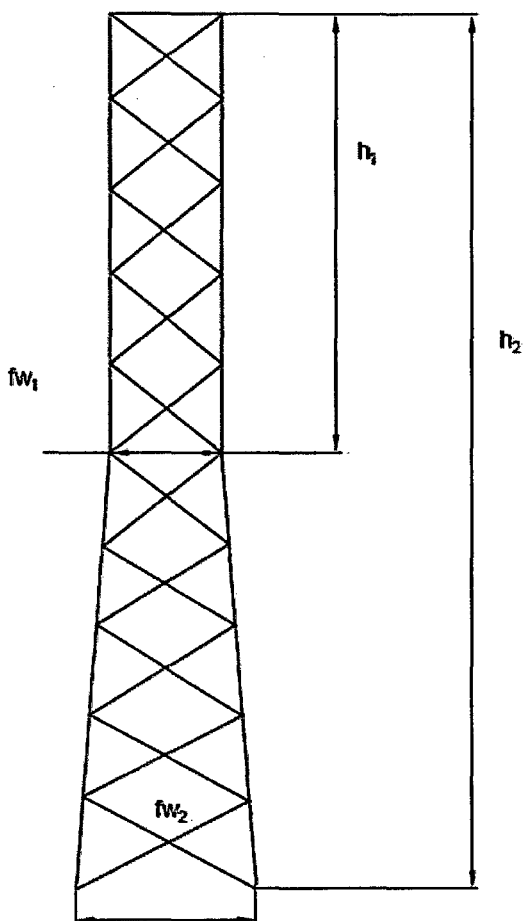
Se considera un factor de 1.2 que representara al peso de los empalmes, cartelas y pernos de conexión de la estructura.

El cálculo estructural de la estructura metálica, se basa fundamentalmente para fuerzas producidas por acción del viento que es la condición más desfavorable para este tipo de estructuras, pero sin embargo la estructura también será evaluada tomando las consideraciones sísmicas.

## 5.8. ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN

### Efectos del desplazamiento

No es necesario considerar los efectos P- $\Delta$  para las torres de celosía autosoportadas de menos de 137 m de altura, siempre que las relaciones entre la altura y el ancho de cara,  $h_i/fw_i$  sean menores que 10 tal como se ilustra en la Figura 3-1.



Nota: Máx. relación  $\frac{\text{altura}}{\text{ancho de cara}} = \text{máx. valor entre } \frac{h_1}{fw_1} \text{ y } \frac{h_2}{fw_2}$

Figura N°5.21.- Relaciones altura/ancho (Fuente: ANSI TIA 222G)

En el proyecto desarrollado tenemos:

$$H_1 = 12.0\text{m}$$

$$Fw_1 = 2.0 \text{ m}$$

$$H_2 = 120.0\text{m}$$

$$Fw_2 = 12.0\text{ m}$$

$$\text{Máx relación} = (12/2, 120/12)$$

$$\text{Máx relación} = (6, 10)$$

$$\text{Máx relación} = 10$$

Por lo tanto, no es necesario realizar el análisis de segundo orden (P-Δ)

### 5.9. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL PERFIL MAS CARGADO

El cálculo de la resistencia a la compresión del perfil angular de L5x5x1/2"+L5x5x1/2", está de acuerdo a 3.4

Perfil Armado	A (cm <sup>2</sup> )	rx(cm)	ry(cm)	rv(cm)
L5x5x1/2"+L5x5x1/2"	61.29	5.34	5.34	4.411

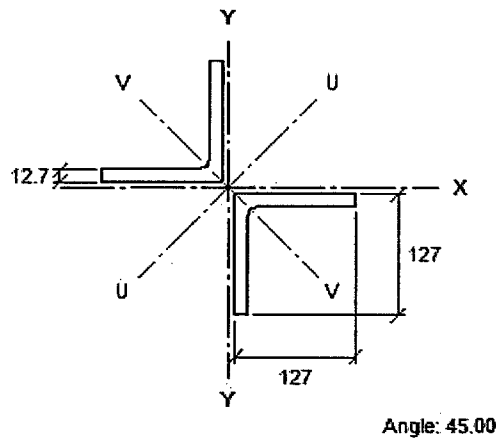


Figura N° 5.22.- Cálculo de inercia

$$I_T = 2I_{A1} + 2I_{A2}$$

$$I_{T_x} = 2I_{A1_x} + 2I_{A2_x}$$

$$I_{T_y} = 2I_{A1_y} + 2I_{A2_y}$$

$$I_{A_i_x} = I_{A_i_x} + A_i \cdot d_x^2 \quad \dots \text{ Teorema de Steiner}$$

$$I_{A1_x} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (5)^3}{12} + 5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot [2.5]^2 = 20.83 \text{ pulg}^4 = 867.15 \text{ cm}^4$$

$$I_{A2_x} = \frac{4.5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3}{12} + 4.5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left[\frac{1}{2}\right]^2 = 0.1875 \text{ pulg}^4 = 7.80 \text{ cm}^4$$

$$I_{T_x} = 2I_{A1_x} + 2I_{A2_x}$$

$$I_{T_x} = 1749.91 \text{ cm}^4$$

$$I_{Ay} = I_{Ai_y} + A_i \cdot d_y^2$$

$$I_{A1y} = \frac{5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3}{12} + 5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left[\frac{1}{2} / 2\right]^2 = 0.2083 \text{ pulg}^4 = 8.67 \text{ m}^4$$

$$I_{A2y} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (4.5)^3}{12} + 4.5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left[\frac{4.5}{2} + .5\right]^2 = 20.81 \text{ pulg}^4 = 866.28 \text{ cm}^4$$

$$I_{Ty} = 2I_{A1y} + 2I_{A2y}$$

$$I_{Ty} = 1749.91 \text{ cm}^4$$

$$r_x = r_y = \sqrt{I/A} = 5.34 \text{ cm}$$

Del mismo modo se calculó e radio de giro en la dirección v el cual es igual a 4.411 cm

En primer lugar es necesario calcular la fluencia efectiva, que está en función de la relación del lado y espesor del ángulo:

Figura N°5.19.- Relaciones altura/ancho (Fuente: ANSI TIA 222G)

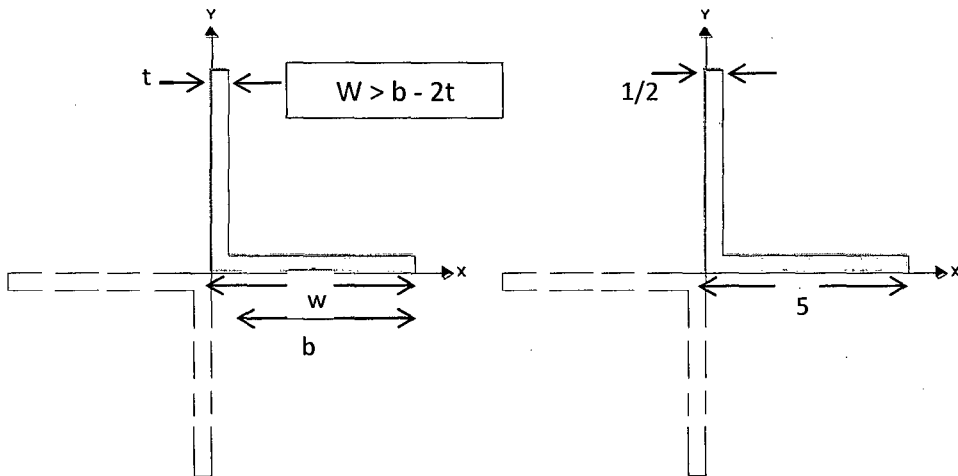


Figura N° 5.23.- Cálculo de w

$$W/t = (b-2t)/t$$

$$W/t = (5-2 \cdot (1/2))/(1/2) = 8 \leq 0.47 \sqrt{E / F_y} = 11.5$$

Por lo tanto de acuerdo a 3.4.1 ecuación 3.17

$$f_y = f_y = 345 \text{ Mpa}$$

Resistencia a compresión, de acuerdo a 3.4.2



$$P_n = A_g F_{cr}$$

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1.5; F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F'_y$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1.5; F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F'_y$$

$$\text{Dónde: } \lambda_c = \frac{KL}{r_m} * \frac{1}{\pi} * \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

L = 1.279m Longitud no arriostrada del elemento

K = 1

r = 4.91 cm radio de giro de perfil doble

(Kl/r)<sub>o</sub> = 26.02

a<sub>i</sub> = 36.564 cm

r<sub>i</sub> = 4.73 4.91 cm

a<sub>i</sub>/r<sub>i</sub> = 7.73 13.01

(KL/r)<sub>m</sub> = 29.1 esbeltez para perfiles armados de acuerdo a la ecuación 3.14

F<sub>y</sub> = 345 Mpa

E = 205000 Mpa

Por lo tanto reemplazando valores obtenemos

$$\lambda_c = 0.4 < 1.5$$

$$\text{Por lo tanto: } F_{cr} = 324.9 \text{ Mpa}$$

$$A_g = 61.29 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 1991.3 \text{ KN}$$

$$\phi_c = 0.9 \text{ definido en 3.4.2}$$

**Por lo tanto la resistencia a compresión del elemento L5x5x1/2" + L5x5x1/2" es:**

$$\phi_c P_n = 1792.2 \text{ KN} \dots \text{Fuerza resistente } \langle \rangle \text{ diseño Mstower V06.002}$$

$$\phi_c P_n = 1508.0 \text{ KN} \dots \text{Fuerza actuante Mstower V06.002}$$

#### 5.10. RESISTENCIA A TRACCIÓN DE PERFIL MAS CARGADO

El cálculo de la resistencia a la tracción del perfil angular de L5x5x1/2" + L5x5x1/2", está de acuerdo a 3.5

Perfil Armado	A (cm <sup>2</sup> )	r (cm)
L5x5x1/2+L5x5x1/2	61.29	4.41

El cálculo de la Resistencia a tracción del elemento está de acuerdo a 3.5

Datos:

$$P_n = F_y * A_g$$

$$\phi_t = 0.9$$

Para la fluencia por tracción en la sección bruta, de acuerdo a 3.5.1

$$\phi_t P_n = 0.9 \cdot 345 \cdot 61.29$$

$$\phi_t P_n = 1903.1 \text{ KN}$$

La resistencia mínima a tracción del perfil armado L5X5X1/2" + L5X5X1/2" es:

$$\phi_t P_n = 1903.1 \text{ KN} \dots \text{ Fuerza resistente } \leftrightarrow \text{ diseño Ms tower V06.002}$$

$$\phi_t P_n = 1204 \text{ KN} \dots \text{ Fuerza actuante Ms tower V06.002}$$

## 5.11. CONEXIONES

### 5.11.1. Cálculo de unión de montantes

Calculo de La resistencia de la conexión, para conectar montantes de doble ángulo L5x5x1/2" + L5x5x1/2" de acuerdo a 3.6.3

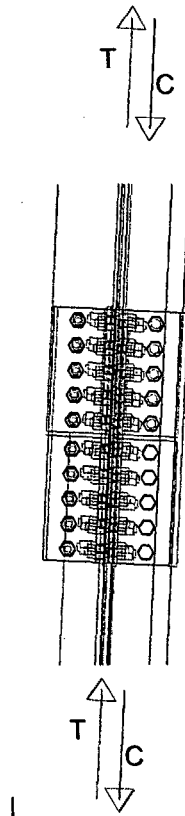


Figura N°5.24.- Conexión de Montante con Montante de perfiles armados

### 1.- Verificación de las conexiones de Montantes

Verificación del Panel 

26
----

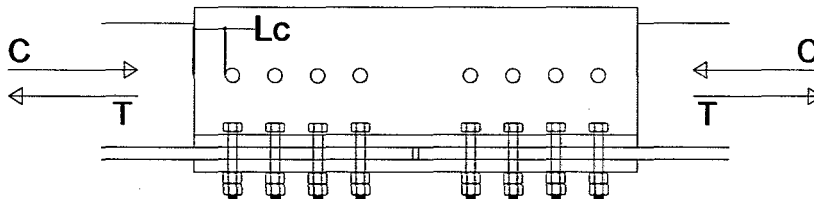
$C =$ 

1508.0
--------

 KN      Fuerza Actuante a Compresión  
 $T =$ 

1204.0
--------

 KN      Fuerza Actuante a Tracción



#### Datos de elementos conectados

Acero Utilizado= A50

$F_y =$ 

345.0
-------

 Mpa      Esfuerzo a la Fluencia  
 $F_u =$ 

552.0
-------

 Mpa      Esfuerzo a la rotura

#### Montante

L5x5x1/2+L5x5x1/2      Angulo Utilizado en Montante  
 $W_m =$ 

127.0
-------

 mm      Lado de angulo de montante  
 $t_1 =$ 

12.7
------

 mm      Espesor de angulo de montante  
 $L_c =$ 

28.6
------

 mm      Distancia libre del perno al borde  
 $n_1 =$ 

16.0
------

      Cantidad de Perno en Montante

#### Datos del perno de conexión

Acero Utilizado= A325

$F_y =$ 

620.0
-------

 Mpa      Esfuerzo a la Fluencia  
 $F_u =$ 

825.0
-------

 Mpa      Esfuerzo a la rotura  
 $d_p =$ 

19.1
------

 mm      Diametro

#### Estado limite 1: Resistencia al corte del perno MONTANTE

$d_p =$ 

19.1
------

 mm  
 $A_p =$ 

285.0
-------

 mm<sup>2</sup>      Area bruta de la sección del perno  
 $F_y =$ 

620.0
-------

 Mpa      Resistencia nominal al corte del perno  
 $\Phi =$ 

0.75
------

      Factor de resistencia  
 $\Phi R_{n1} = 0.55 \cdot \Phi \cdot F_y \cdot A_p$   
 $\Phi R_{n1} =$ 

72.9
------

 KN      Resistencia por perno

#### Estado limite 2: Resistencia al aplastamiento - MONTANTE

$t =$ 

12.7
------

 mm      Espesor de la placa  
 $L_c =$ 

28.6
------

 mm      Distancia libre entre el perno y el borde libre  
 $F_u =$ 

552.00
--------

 Mpa  
 $\Phi R_{n2} = 0.8 \cdot 1.2 \cdot (L_c + d_p/4) \cdot t \cdot F_u$   
 $\Phi R_{n2} =$ 

224.4
-------

 KN      Resistencia por perno

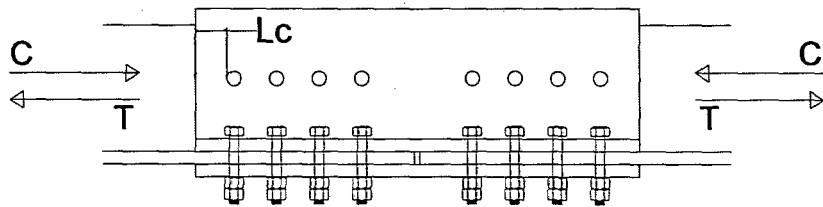
Resistencia de la Montante

$\Phi R_{ni} = \text{Min}(\Phi R_{n1}, \Phi R_{n2}) =$	72.9	KN
$\Phi R_n = \Phi R_{ni} * n_1 =$	2332.6	KN
$\text{Max}(C, T) =$	1508.00	KN
Ratio =	$\text{Max}(C, T) / \Phi R_n$	
Ratio =	0.65	

Resistencia de un solo perno  
Fuerza Resistente total de los pernos  
Fuerza actuante en la Montante

Ok!!

2.- Resistencia de la fractura en bloque por corte



$W_m =$	127.00	mm	Lado de montante
$e_m =$	12.70	mm	Espesor de montante
$d_p =$	19.05	mm	Diametro del perno
$d_a = d_p + 1/8" =$	22.23	mm	Diametro del Agujero
$n_1 =$	16.00		Cantidad de Pernos para doble ángulo
$n_1 = n_1/2 =$	8		Cantidad de Pernos para un ángulo

$A_g = 2 * W_m * e_m =$	3225.80	mm <sup>2</sup>	Area Bruta
$A_{ne} = 2 * W_m - 2 * d_a =$	209.55	mm <sup>2</sup>	Area neta efectiva

$L_c = (n-1)d_p + 1.5d_p =$	428.63	mm	Longitud Bruta de Corte
$L_t = 1.5L_m =$	190.5	mm	Longitud Bruta a Tracción
$L_{cn} = L_c - (n-1)d_a - 0.5d_a =$	261.938	mm	Longitud Neta de Corte
$L_{tn} = L_t - 1.5d_a =$	157.163	mm	Longitud Neta a Tracción

$A_{gv} = e_m * L_c =$	5443.54	mm <sup>2</sup>	Area Bruta sujeta a corte
$A_{gt} = e_m * L_t =$	2419.35	mm <sup>2</sup>	Area Bruta sujeta a traccion
$A_{nv} = e_m * L_{cn} =$	3326.61	mm <sup>2</sup>	Area neta sujeta a corte
$A_{nt} = e_m * L_{tn} =$	1995.96	mm <sup>2</sup>	Area neta sujeta a traccion

Si:  $F_u Ant \geq 0.6 F_u Anv$   
 $P_n = 0.6 F_y Agv + F_u Ant \leq 0.6 F_u Anv + F_u Ant$   
 $0.6 F_y Agv + F_u Ant = 2228.58 \text{ KN}$        $\text{Min} = 2203.54$   
 $0.6 F_u Anv + F_u Ant = 2203.54 \text{ KN}$

$$\begin{aligned} \text{Si: } 0.6 F_u \text{ Anv} &> F_u \text{ Ant} \\ P_n &= 0.6 F_u \text{ Anv} + F_y \text{ Agt} \leq 0.6 F_u \text{ Anv} + F_u \text{ Ant} \\ 0.6 F_u \text{ Anv} + F_y \text{ Agt} &= 1936.45 \text{ KN} \quad \text{Min} = 1936.45 \\ 0.6 F_u \text{ Anv} + F_u \text{ Ant} &= 2203.54 \text{ KN} \end{aligned}$$

Cálculo de la resistencia de la fractura en bloque por corte:

$\Phi_t =$	0.75	
$0.6 F_u \text{ Anv} =$	1101.77	KN
$F_u \text{ Ant} =$	1101.77	KN

$$F_u \text{ Ant} > 0.6 F_u \text{ Anv}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} P_n &= 1936.45 \\ \Phi_t P_n &= 1452.34 \text{ KN} \\ T &= 602.0 \text{ KN} \\ \text{Ratio} = T / \Phi_t P_n &= 0.41 \end{aligned}$$

Ok!!

Por lo tanto para conectar montante con montante se utilizarán 16 pernos de 3/4" de diámetro.

### 5.11.2. Cálculo de unión montante diagonal

Calculo de La resistencia de la conexión, para conectar montantes con diagonal o diagonal con diagonal, de acuerdo a 3.6.3

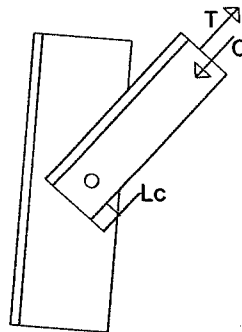


Figura N°5.23.- Conexión de Diagonal con Montante

### Verificación de las conexiones de Montante - Diagonal

Verificación del Panel 26

$C =$	49.0	KN	Fuerza Actuante a Compresión
$T =$	44.0	KN	Fuerza Actuante a Tracción

Datos de elementos conectados

Acero Utilizado= A36

Fy= 250.0 Mpa  
Fu= 400.0 Mpa

Esfuerzo a la Fluencia  
Esfuerzo a la rotura

Diagonal

L4x4x1/4

Ld= 101.6 mm  
ed= 6.4 mm  
Lc= 23.8 mm  
n2= 2.0

Angulo Utilizado en Diagonal  
Lado de angulo de Diagonal  
Espesor de angulo de Diagonal  
Distancia libre del perno al borde  
Cantidad de pernos en diagonales

Datos del perno de conexión

Acero Utilizado= A325

Fy= 620.0 Mpa  
Fu= 825.0 Mpa  
dp= 15.9 mm

Esfuerzo a la Fluencia  
Esfuerzo a la rotura  
Diametro

Estado limite 1: Resistencia al corte del perno MONTANTE Y DIAGONAL

dp= 15.9 mm  
Ap= 197.9 mm<sup>2</sup>  
Fy= 620.0 Mpa  
 $\Phi$ = 0.75  
 $\Phi Rn1 = 0.55 * \Phi * Fy * Ap$   
 $\Phi Rn1 = 50.6$  KN

Area bruta de la sección del perno  
Resistencia nominal al corte del perno  
Factor de resistencia  
Resistencia por perno

Estado limite 2: Resistencia al aplastamiento - DIAGONAL

t= 6.4 mm  
Lc= 23.8 mm  
Fu= 400.0 Mpa  
 $\Phi Rn2 = 0.8 * 1.2 * (Lc + dp/4) * t * Fu$   
 $\Phi Rn2 = 67.7$  KN

Espesor de la placa  
Distancia libre entre el perno y el borde libre  
Resistencia por perno

Resistencia de la Diagonal

$\Phi Rni = \text{Min}(\Phi Rn1, \Phi Rn2) = 50.6$  KN  
 $\Phi Rn = \Phi Rni * n1 = 101.2$  KN  
Max(C,T)= 49.0 KN  
Ratio= Max(C,T)/ $\Phi Rn$   
Ratio= 0.48

Resistencia de un solo perno  
Fuerza Resistente total de los pernos  
Fuerza actuante en la Montante

Ok!!

Por lo tanto para conectar diagonal con montante o diagonal con diagonal se utilizaran 2 pernos de 5/8" de diámetro.

### 5.11.3. Diseño de pernos de anclaje

Los pernos de anclaje de las torres serán verificados debido a las reacciones a tracción y corte que se producen en la base de la torre, la verificación se hará de acuerdo a 3.7.

Para el cálculo de los pernos se utilizarán 8 pernos de 1.5" de diámetro.

$$\left( \frac{T_{ub} + \frac{V_{ub}}{\eta}}{\phi R_{nt}} \right) \leq 1$$

$$R_{nt} = F_{ub} \cdot (0.75 \cdot A_b)$$

$T_{ub} = 152.93$  KN, Resistencia a tracción actuante para un perno

$V_{ub} = 8.97$  KN, Resistencia al corte actuante para un perno

$\phi = 0.80$

$\eta = 0.50$

$A_b = 1122.2$  mm<sup>2</sup>, Área de la sección transversal de un perno de

$F_{ub} = 674$  Mpa, mínima resistencia a la tracción

$R_{nt} = F_{ub} \cdot A_b = 425.5$  KN

Reemplazando los valores obtenemos que:

$$\left( \frac{T_{ub} + \frac{V_u}{\eta}}{\phi R_{nt}} \right) = 0.502 \leq 1$$

Por lo tanto la verificación de los pernos de anclaje cumple con los requisitos propuesto por la norma ANSI/TIA-222-G

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES

- El uso de norma ANSI TIA 222G contribuye enormemente el diseño de la torre de telecomunicación.
- Si se cambiara la forma de base de la torre de cuadrada a triangular el peso de la torre disminuiría en un 30% aproximadamente, por lo tanto, mejoraría el diseño de la torre.
- El uso del programa de diseño como SAP 2000 facilitan el diseño por sismo en el cual se concluye que no determina el diseño de la torre.
- Las cargas de viento son las cargas predominantes y determinan en el diseño de este tipo de estructuras.
- A mayor área de exposición de las antenas microondas (MW) hace que adquiera mayor presión del viento influyendo en las distorsiones de la cima de la torre.
- La longitud de los elementos determina los esfuerzos actuantes de los elementos en cada panel de la torre.
- El software MsTower V06.02.002 analiza las cargas de viento en todas las direcciones, de esta manera se acelera los prediseños tediosos y repetitivos.
- La estructura presenta las siguientes deformaciones que han sido medidas en la cúspide de la estructura para una velocidad de viento de 100km/h.

Tabla N° 6.1.- Tabla de distorsiones de la estructura

Desplazamiento máx. en la punta (rad)	Deflexión (°)	Desplazamiento máximo permitido (°)
0.8460	0.40	0.75
Rotación máx. en la punta (rad)	Rotación (°)	Rotación máximo permitido (°)
0.0010	0.06	0.75

Fuente: Elaboración Propia

- La estructura de la torre con la geometría planteada y con los perfiles angulares considerados cumplen con las condiciones de resistencia evaluados a una velocidad de viento de 100km/h.
- Los máximos ratios de esfuerzos en los elementos por panel son los siguientes:

Tabla N° 6.2.- Resumen de ratios de la estructura

PANEL	ELEMENTO	RATIO
9	LEG EA4X4X3/8	0.937
9	LEG EA4X4X3/8	0.954
22	LEG EA5X3/8-5X3/8	0.936
23	LEG EA5X3/8-5X3/8	0.967
23	LEG EA5X3/8-5X3/8	0.971
23	LEG EA5X3/8-5X3/8	0.978
23	LEG EA5X3/8-5X3/8	0.982

Fuente: Elaboración Propia



## CAPITULO VII

### 7. RECOMENDACIONES

- El diseño de torres de telecomunicación y/o cargadas con antenas y conexiones se realiza con la norma ANSI TIA 222G u otro más actualizado para garantizar la seguridad de la estructura.
- La adopción de la forma triangular de base de la torre es importante porque disminuyen los costos.
- El diseño de uso de softwares es importantes ya que disminuye tiempos de cálculos.
- Se debe tener mucho cuidado en la elaboración de los modelos en el programa ms Tower, así como en la interpretación de los resultados que arroja el programa para detectar posibles errores que se puedan generar debido a un mal ingreso de datos o una mala selección en el código a utilizar para el diseño o incluso por interpretaciones erróneas del programa en su modo predeterminado.
- Concebir la distribución y configuración de los elementos de la estructura de manera sencilla para facilitar la producción y sobre todo el montaje de la estructura.
- El mantenimiento de la estructura metálica para protegerlos de la corrosión se debe realizar mediante el galvanizado por inmersión en caliente.

## CAPITULO VIII

### 8. BIBLIOGRAFIA

- ANSI TIA 222F. (1995). Telecommunications Industry Association.
- ANSI TIA 222G. (2005). Telecommunications Industry Association.
- ASCE 7-02 (1998). American Society of Civil Engineers.
- Bolaños, Ana; Monroy, Manuel. (2004). "Espectros Peligro Sísmico". Lima - Perú
- Carrasco Martínez, Alfonso. (Junio, 2009). "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA TORRE DE CELOSÍA DE 40 METROS PORTADORA DE ANTENAS". Leganés.
- Load and Resistance Factor Design Specification. (December, 1999). American Institute of Steel Construction.
- Norma E0.20. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima- Perú.
- Norma E0.30. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima- Perú.
- Semblantes Velez, Marcelo L. (2005) "Diseño de una torres de Transmisión eléctrica autosoportada para una línea de 69Kv". México DF.
- Tapia Hernández, Edgar; Sordo Zabay, Emilio. (Octubre, 2012). "Patrones de carga reglamentarios para torres de transmisión de alta tensión sujetas a viento intenso"
- User's Manual. MStower V6. (April, 2008). Engineering Systems.

#### Fuentes electrónicas:

- [https://global.ihs.com/search\\_res.cfm?RID=TIA&INPUT\\_DOC\\_NUMBER=TIA-222](https://global.ihs.com/search_res.cfm?RID=TIA&INPUT_DOC_NUMBER=TIA-222)

# ANEXO A: DATOS DE INGRESO Y RESULTADOS DEL PROGRAMA

MODELO DE TORRE EN MS TOWER V6.02.002

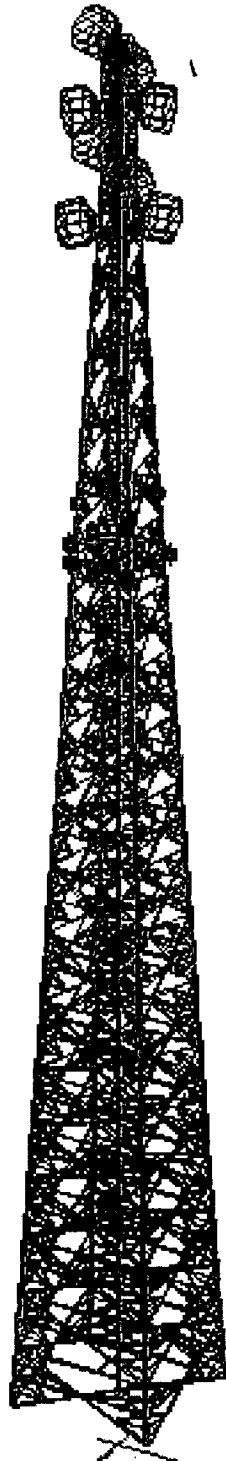


Figura N° A.1.- Modelo 3D de la torre utosoportada de 120m

## 1. GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA

Altura total  $H=120.0\text{m}$

Ancho de la base  $12.0\text{m}$

Ancho de la base sección recta  $2.2\text{m}$

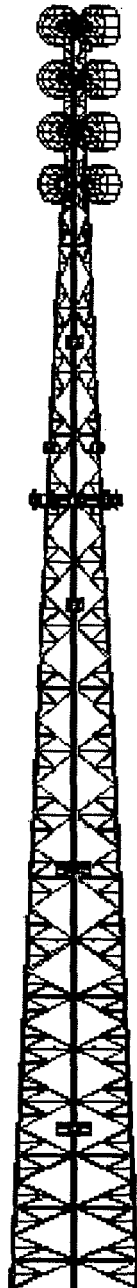


Figura N° A.2.- Vista en elevación

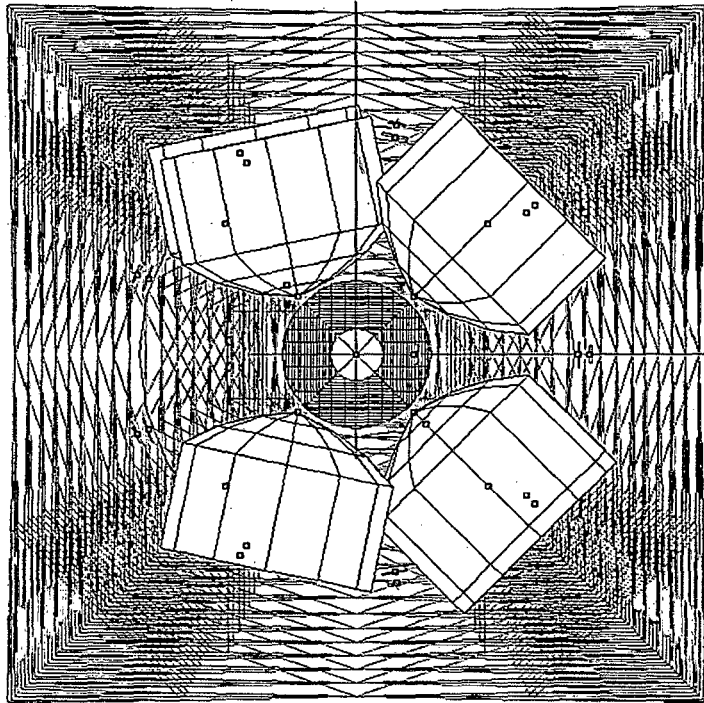


Figura N° A.3.- Vista en planta ubicación de antenas

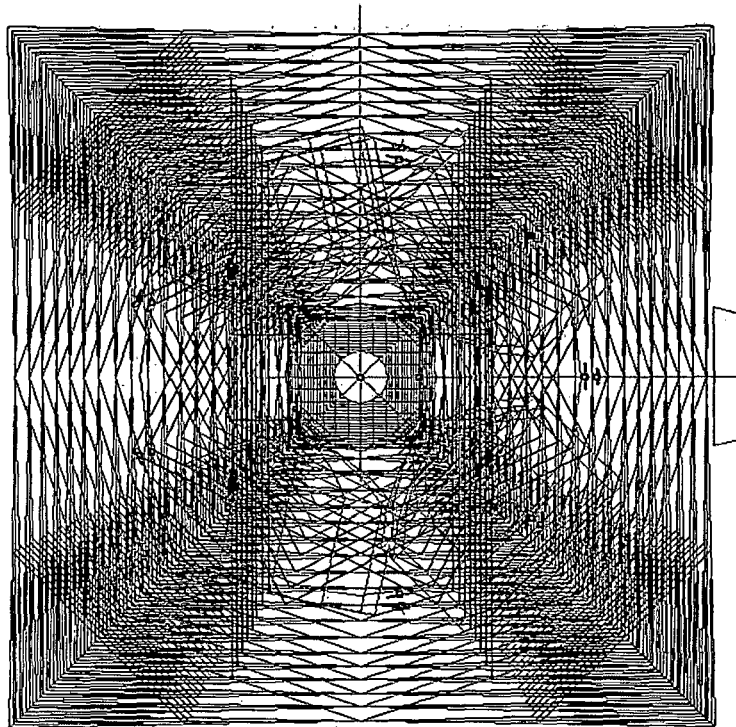


Figura N° A.4.- Vista en planta de torre autoportada

## 2. INGRESO DE DATOS

### 2.1. GEOMETRIA

TITL1 MC - TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA 120M - 100km/h  
TITL2 DISENO MIRIAM SARMIENTO

UNITS 1 \$1=metric, 4=US

COMPONENT

RED  
TE  
END

PROFILE

FACES 4  
WBASE 12.00  
RLBAS 0

PANEL 1 HT 2.00 TW 2.00  
FACE X LEG 254 BR1 2316 H1 2316  
PLAN PL1 XIP PB1 2316 PB2 2316  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 2 A325-5/8  
BOLT PB1 1 A325-5/8 PB2 1 A325-5/8

PANEL 2 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 254 BR1 2316 H1 2316 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 2316  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 3 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 254 BR1 2316 H1 2316 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 2316  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 4 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 314 BR1 2316 H1 2316 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 2316  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 5 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 314 BR1 2316 H1 2316 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 2316  
BOLT LEG 4 A325-5/8-2 BR1 1 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 6 HT 2.00  
FACE XH1 LEG 314 BR1 2316 H1 2316 R1 0  
PLAN PL1 XIP PB1 0 PB2 2316  
BOLT LEG 6 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

\$. . . . . TRAMO RECTO. . . . .

PANEL 7 HT 3.0 TW 2.00  
FACE XH3 LEG 414 BR1 2316 H1 2316 R1 1516 R2 1516  
PLAN PL1 XIP PB2 2316  
BOLT LEG 6 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-1/2  
BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 8 HT 3.00  
FACE XH3 LEG 414 BR1 2316 H1 2316 R1 1516 R2 1516  
PLAN PL1 XIP PB2 2316  
BOLT LEG 6 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-1/2

BOLT R1 1 A325-1/2 R2 1 A325-1/2  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 9 HT 6.00  
FACE XH3 LEG 438 BR1 1254 H1 1254 R1 1516 R2 1516  
PLAN PL1 XIP PB2 2516  
BOLT LEG 6 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8 R2 1 A325-1/2  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 10 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1254 H1 1254 R1 2316  
PLAN PL1 XIP PB2 1314  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 11 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1254 H1 1254 R1 2316  
PLAN PL1 XIP PB2 1314  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 12 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1254 H1 1254 R1 2316  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1314  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 13 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1254 H1 1254 R1 2316  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1314  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 14 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1254 H1 1254 R1 2316  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1314  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 15 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2438 BR1 1314 H1 1314 R1 2316  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1414  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 16 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1314 R1 2516  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1414  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 17 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1314 R1 2516  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1414  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 18 HT 6.000  
FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1314 R1 2516  
PLAN PL4 XIP PB1 0 PB2 1414  
BOLT LEG 12 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8 R2 1 A325-5/8 R3 1 A325-5/8 R4 1 A325-5/8



BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 19 HT 6.000

FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1314 R1 2516  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 20 HT 6.000

FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1414 R1 1254  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 21 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1414 R1 1254  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 22 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2538 BR1 1314 H1 1414 R1 1254  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 23 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2538 BR1 1414 H1 1414 R1 1254  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-5/8-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 24 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2512 BR1 1414 H1 1414 R1 1254  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-3/4-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 25 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2512 BR1 1414 H1 1414 R1 1314  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-3/4-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 26 HT 5.000

FACE XH3 LEG 2512 BR1 1414 H1 1414 R1 1314  
PLAN PR2 XIP PB1 0 PB2 1414 PB3 0 PB4 0 PB5 0 PB6 0  
BOLT LEG 16 A325-3/4-2 BR1 2 A325-5/8 H1 1 A325-5/8  
BOLT R1 1 A325-5/8  
BOLT PB2 1 A325-5/8

PANEL 27 HT 0.000

FACE @RED

PANEL 28 HT 0.000

FACE @TE

END

SECTIONS

LIBR P:IMP IFACT 1.0

\$ALTA RESISTENCIA

2612 EA6X1/2-6X1/2 Y FY 345 BH 19

2512	EA5X1/2-5X1/2	Y FY 345	BH 19
2538	EA5X3/8-5X3/8	Y FY 345	BH 19
2438	EA4X3/8-4X3/8	Y FY 345	BH 19
438	EA4x4x3/8	Y FY 345	BH 16
414	EA4x4x1/4	Y FY 345	BH 16
314	EA3x3x1/4	Y FY 345	BH 16
254	EA2.5x2.5x1/4	Y FY 345	BH 16

\$BAJA RESISTENCIA

1438	EA4x4x3/8	Y FY 250	BH 16
1414	EA4x4x1/4	Y FY 250	BH 16
1314	EA3x3x1/4	Y FY 250	BH 16
1254	EA2.5x2.5x1/4	Y FY 250	BH 16

2516	EA2.5x2.5x3/16	Y FY 250	BH 16
2316	EA2x2x3/16	Y FY 250	BH 16
1516	EA1.5x1.5x3/16	Y FY 250	BH 13

84	CH6x3	Y FY 345	BH 19
85	CH5x3	Y FY 345	BH 19
86	CH4x2	Y FY 345	BH 19

END

\$ASTM A325, TABLA 5

BOLTDATA

A325-11/4	A325	D 31.75	AS 791.7	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 32mm
A325-1	A325	D 25.4	AS 506.7	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 27
A325-3/4	A325	D 19.05	AS 285	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 21
A325-5/8	A325	D 15.875	AS 197.9	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 18
A325-1/2	A325	D 12.7	AS 126.6	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 14
A325-3/8	A325	D 9.525	AS 70.9	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	\$\$ HOLE SIZE 11

\$\$ BOLTS IN DOUBLE SHEAR

A325-11/4-2	A325	D 31.75	AS 791.7	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	NSP 2 \$\$ HOLE SIZE 32mm
A325-1-2	A325	D 25.4	AS 506.7	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	NSP 2 \$\$ HOLE SIZE 27
A325-3/4-2	A325	D 19.05	AS 285	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	NSP 2 \$\$ HOLE SIZE 19
A325-5/8-2	A325	D 15.875	AS 197.9	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	NSP 2 \$\$ HOLE SIZE 16
A325-1/2-2	A325	D 12.7	AS 126.6	FY 635	FU 825	FV_EIA 125	NSP 2 \$\$ HOLE SIZE 13

END

END

## 2.2. INGRESO DE CARGAS

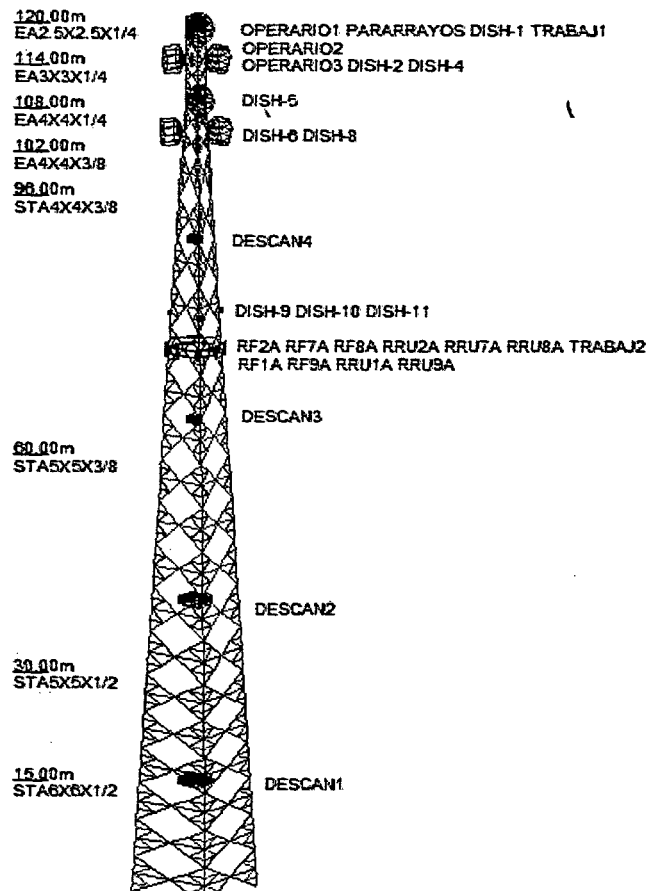


Figura N° A.5.- Vista en elevación ubicación de antenas

```

PARAMETERS
  ANGN      0.0          $ Angle Anti-clockwise from X axis to North
  CODE     TIA222G      $ WIND PROFILE TO THIS CODE
  CLASS-G  2            $ Class of tower
  TOPCAT-G 1           $ Topographic category
  VB       27.78       $ ENTER SITE WINDSPEED HERE MEAN HOURLY, GUST or FASTEST
MILE, adjusted for height
OVERLAP 1          $ Allow for the overlap of members
END

TERRAIN
ANGLE 0 TCAT 3
END

$CARGAS CONSIDERADAS
$=====
LOADS

$CARGA PERMANENTE: TORRE + ACCESORIOS Y ANTENA
$=====
CASE 90 CARGA PERMANENTE
DL
CASE 100
COMBIN 90 1.2    $ 20% CONSIDERADO POR LAS CARTELAS, PERNOS, ETC.
  
```

§CARGA DE VIENTO EN DIFERENTES DIRECCIONES

§=====

CASE 301 VIENTO A 0  
WL ANGLX 0 NOICE  
CASE 302 VIENTO A 45  
WL ANGLX 45 NOICE  
CASE 303 VIENTO A 60  
WL ANGLX 60 NOICE  
CASE 304 VIENTO A 90  
WL ANGLX 90 NOICE  
CASE 305 VIENTO A 120  
WL ANGLX 120 NOICE  
CASE 306 VIENTO A 135  
WL ANGLX 135 NOICE  
CASE 307 VIENTO A 180  
WL ANGLX 180 NOICE  
CASE 308 VIENTO A 225  
WL ANGLX 225 NOICE  
CASE 309 VIENTO A 240  
WL ANGLX 240 NOICE  
CASE 310 VIENTO A 270  
WL ANGLX 270 NOICE  
CASE 311 VIENTO A 300  
WL ANGLX 300 NOICE  
CASE 312 VIENTO A 315  
WL ANGLX 315 NOICE

§COMBINACIONES DE CARGA: CARGAS MAYORADAS

§=====

§COMBINACION 1: 1.2D+1.6W

§=====

CASE 401 COMB: 1.2D+1.6(W A 0 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 301 1.60  
CASE 402 COMB: 1.2D+1.6(W A 45 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 302 1.60  
CASE 403 COMB: 1.2D+1.6(W A 60 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 303 1.60  
CASE 404 COMB: 1.2D+1.6(W A 90 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 304 1.60  
CASE 405 COMB: 1.2D+1.6(W A 120 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 305 1.60  
CASE 406 COMB: 1.2D+1.6(W A 135 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 306 1.60  
CASE 407 COMB: 1.2D+1.6(W A 180 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 307 1.60  
CASE 408 COMB: 1.2D+1.6(W A 225 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 308 1.60  
CASE 409 COMB: 1.2D+1.6(W A 240 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 309 1.60  
CASE 410 COMB: 1.2D+1.6(W A 270 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 310 1.60  
CASE 411 COMB: 1.2D+1.6(W A 300 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 311 1.60  
CASE 412 COMB: 1.2D+1.6(W A 315 )  
COMBIN 100 1.20  
COMBIN 312 1.60

§COMBINACION 2: 0.9D+1.6W

§=====

CASE 501 COMB: 0.9D+1.6(W A 0 )

COMBIN 100 0.90  
COMBIN 301 1.60  
CASE 502 COMB: 0.9D+1.6(W A 45 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 302 1.60  
CASE 503 COMB: 0.9D+1.6(W A 60 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 303 1.60  
CASE 504 COMB: 0.9D+1.6(W A 90 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 304 1.60  
CASE 505 COMB: 0.9D+1.6(W A 120 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 305 1.60  
CASE 506 COMB: 0.9D+1.6(W A 135 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 306 1.60  
CASE 507 COMB: 0.9D+1.6(W A 180 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 307 1.60  
CASE 508 COMB: 0.9D+1.6(W A 225 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 308 1.60  
CASE 509 COMB: 0.9D+1.6(W A 240 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 309 1.60  
CASE 510 COMB: 0.9D+1.6(W A 270 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 310 1.60  
CASE 511 COMB: 0.9D+1.6(W A 300 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 311 1.60  
CASE 512 COMB: 0.9D+1.6(W A 315 )  
COMBIN 100 0.90  
COMBIN 312 1.60

§COMBINACIONES DE CARGA: CARGAS DE SERVICIO

§=====

§COMBINACION 1: 1.0D+1.0W

§=====

CASE 1001 COMB: 1.0D+1.0(W A 0 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 301 1.00  
CASE 1002 COMB: 1.0D+1.0(W A 45 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 302 1.00  
CASE 1003 COMB: 1.0D+1.0(W A 60 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 303 1.00  
CASE 1004 COMB: 1.0D+1.0(W A 90 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 304 1.00  
CASE 1005 COMB: 1.0D+1.0(W A 120 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 305 1.00  
CASE 1006 COMB: 1.0D+1.0(W A 135 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 306 1.00  
CASE 1007 COMB: 1.0D+1.0(W A 180 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 307 1.00  
CASE 1008 COMB: 1.0D+1.0(W A 225 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 308 1.00  
CASE 1009 COMB: 1.0D+1.0(W A 240 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 309 1.00  
CASE 1010 COMB: 1.0D+1.0(W A 270 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 310 1.00  
CASE 1011 COMB: 1.0D+1.0(W A 300 )

COMBIN 100 1.00  
COMBIN 311 1.00  
CASE 1012 COMB: 1.0D+1.0(W A 315 )  
COMBIN 100 1.00  
COMBIN 312 1.00  
END

ANCILLARIES

LARGE LIBR P:ANC.LIB \$ use ANC.LIB if library is in DATA area

\$OPERARIOS

\$=====

OPERARIO1 XA 1.00 YA 0.00 ZA 120.0 LIB A0142-C ANG 0  
OPERARIO2 XA 1.00 YA 0.00 ZA 118.0 LIB A0142-C ANG 0  
OPERARIO3 XA 1.00 YA 0.00 ZA 115.0 LIB A0142-C ANG 0

\$PARARRAYOS

\$=====

PARARRAYOS XA 0.00 YA 0.00 ZA 120.0 LIB IC-37 ANG 0

\$Antenas Parabólicas

\$=====

DISH-1 XA 1.0 YA 1.0 ZA 120.0 LIB SH1PR-12 ANG -45.0 \$D= 3.7 M  
DISH-2 XA 1.0 YA -1.0 ZA 115.0 LIB SH1PR-12 ANG 45.0 \$D= 3.7 M  
DISH-3 XA -1.0 YA -1.0 ZA 120.0 LIB SH1PR-12 ANG -258.1 \$D= 3.7 M  
DISH-4 XA -1.0 YA 1.0 ZA 115.0 LIB SH1PR-12 ANG 258.1 \$D= 3.7 M  
  
DISH-5 XA 1.0 YA 1.0 ZA 110.0 LIB SH1PR-12 ANG -45.0 \$D= 3.7 M  
DISH-6 XA 1.2 YA -1.2 ZA 105.0 LIB SH1PR-12 ANG 45.0 \$D= 3.7 M  
DISH-7 XA -1.0 YA -1.0 ZA 110.0 LIB SH1PR-12 ANG -258.1 \$D= 3.7 M  
DISH-8 XA -1.2 YA 1.2 ZA 105.0 LIB SH1PR-12 ANG 258.1 \$D= 3.7 M

\$Cargas Adicionales

\$=====

DISH-9 XA 2.25 YA -2.25 ZA 80 LIB SH1PR-2 ANG 45.0 \$D= 0.6 M  
DISH-10 XA -2.25 YA 2.25 ZA 80 LIB SH1PR-2 ANG 225.0 \$D= 0.6 M  
DISH-11 XA 2.25 YA 2.25 ZA 80 LIB SH1PR-2 ANG 315.0 \$D= 0.6 M  
DISH-12 XA -2.25 YA -2.25 ZA 80 LIB SH1PR-1 ANG 315.0 \$D= 0.3 M

\$Antenas Celulares

\$=====

RF1A XA 4.00 YA 0.00 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 0  
RF2A XA 3.06 YA -2.57 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 40  
RF3A XA 0.69 YA -3.94 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 80  
RF4A XA -2.00 YA -3.46 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 120  
RF5A XA -3.76 YA -1.37 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 160  
RF6A XA -3.76 YA 1.37 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 200  
RF7A XA -2.00 YA 3.46 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 240  
RF8A XA 0.69 YA 3.94 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 280  
RF9A XA 3.06 YA 2.57 ZA 75.00 LIB A0142-C ANG 320

RRU1A XA 3.80 YA 0.00 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 0  
RRU2A XA 2.91 YA -2.44 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 40  
RRU3A XA 0.66 YA -3.74 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 80  
RRU4A XA -1.90 YA -3.29 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 120  
RRU5A XA -3.57 YA -1.30 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 160  
RRU6A XA -3.57 YA 1.30 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 200  
RRU7A XA -1.90 YA 3.29 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 240  
RRU8A XA 0.66 YA 3.74 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 280  
RRU9A XA 2.91 YA 2.44 ZA 75.00 LIB IC-10B ANG 320

\$PLATAFORMA DE TRABAJO Y DESCANSOS

\$=====

TRABAJ1 XA 0.0 YA 0.0 ZA 120 LIB IC-512A-N ANG 0  
TRABAJ2 XA 0.0 YA 0.0 ZA 75 LIB CIRCLE-51 ANG 0  
DESCAN1 XA 0.0 YA 0.0 ZA 15 LIB IC-502 ANG 0  
DESCAN2 XA 0.0 YA 0.0 ZA 40 LIB IC-502 ANG 0  
DESCAN3 XA 0.0 YA 0.0 ZA 65 LIB IC-502D ANG 0  
DESCAN4 XA 0.0 YA 0.0 ZA 90 LIB IC-502D ANG 0

LINEAR LIBR P:LIN.LIB \$ use LIN.LIB if library in DATA area

§ESCALERAS

§=====

ESCALERAP XB -0.3 YB 0.0 ZB 0 XT -0.3 YT 0.0 ZT 120 LIB H-LADDER-N FACT 1 ANG 0  
ESCALERAC XB -0.2 YB 0.0 ZB 0 XT -0.2 YT 0.0 ZT 120 LIB H-LADDER-N FACT 1 ANG 0

§CABLES

§=====

FDR-GRP1 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 120 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP2 XB 0.1 YB 0.1 ZB 0 XT 0.1 YT 0.1 ZT 115 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP3 XB 0.2 YB 0.2 ZB 0 XT 0.2 YT 0.2 ZT 110 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP4 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 105 LIB FDR20 FACT 2 ANG 0  
FDR-GRP5 XB 0.2 YB 0.2 ZB 0 XT 0.2 YT 0.2 ZT 80 LIB FDR20 FACT 4 ANG 0  
FDR-GRP6 XB 0.0 YB 0.0 ZB 0 XT 0.0 YT 0.0 ZT 75 LIB FDR20 FACT 9 ANG 0  
END  
END

### 3. RESULTADOS DE DISEÑO

#### 3.1. RATIOS DE LA ESTRUCTURA

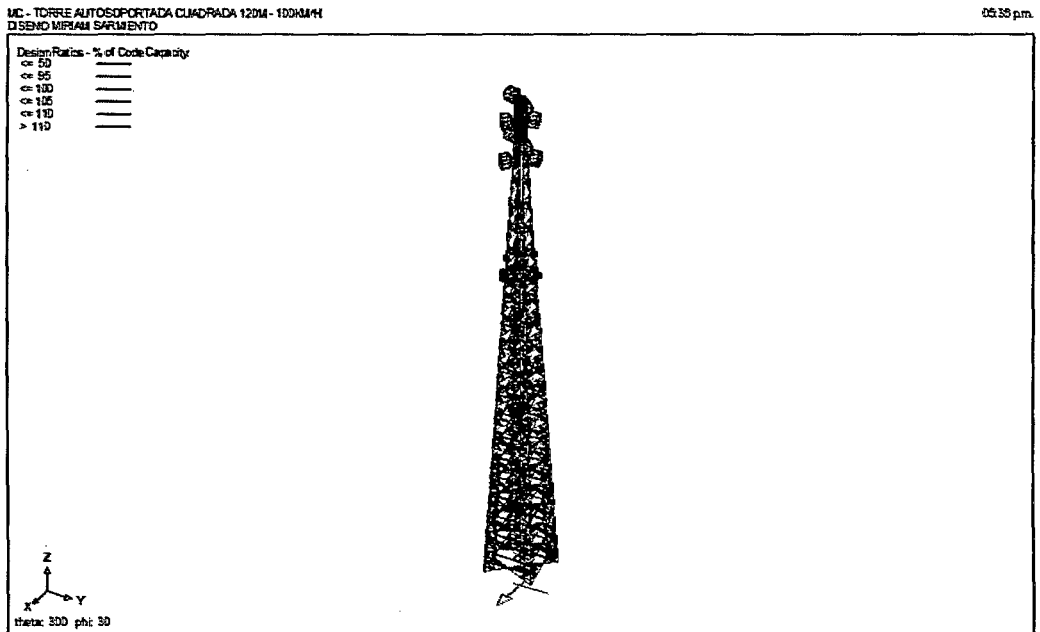


Figura N° A.6.- Relación entre fuerza actuante y fuerza resistente de la estructura.

MSTOWER V6 Member checking to TIA-222-G (080909)

Job: T120M - PROVIDENCIA 2  
Title: MC - TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA 120M - 100KM/H  
DISEÑO MIRIAM SARMIENTO  
Date: 17-MAY-15 17:37:57

```
-- L O A D   C A S E S --
Case  Y/N   Title
100   N     CARGA PERMANENTE
301   N     VIENTO A 0
302   N     VIENTO A 45
303   N     VIENTO A 60
304   N     VIENTO A 90
305   N     VIENTO A 120
306   N     VIENTO A 135
307   N     VIENTO A 180
308   N     VIENTO A 225
309   N     VIENTO A 240
310   N     VIENTO A 270
```

311	N	VIENTO A 300
312	N	VIENTO A 315
401	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 0 )
402	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 45 )
403	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 60 )
404	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 90 )
405	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 120 )
406	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 135 )
407	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 180 )
408	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 225 )
409	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 240 )
410	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 270 )
411	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 300 )
412	Y	COMB: 1.2D+1.6(W A 315 )
501	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 0 )
502	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 45 )
503	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 60 )
504	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 90 )
505	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 120 )
506	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 135 )
507	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 180 )
508	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 225 )
509	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 240 )
510	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 270 )
511	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 300 )
512	Y	COMB: 0.9D+1.6(W A 315 )
1001	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 0 )
1002	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 45 )
1003	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 60 )
1004	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 90 )
1005	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 120 )
1006	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 135 )
1007	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 180 )
1008	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 225 )
1009	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 240 )
1010	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 270 )
1011	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 300 )
1012	Y	COMB: 1.2D+1.0(W A 315 )

Y = Cases to be checked

N = Not Used

Report Units:

Dims., lengths, areas ... mm, mm<sup>2</sup>

Forces ..... kN

Stresses .....N/mm<sup>2</sup> (MPa)

Design strengths to TIA-222-G

Resistance factors:

Compression,  $i = 0.90$  4.5.4.2

Tension - yielding,  $i = 0.90$  4.6.3

Tension - fracture,  $i = 0.75$  4.6.3

Bolts - tension,  $i = 0.75$  4.9.6.1

Bolts - bearing,  $i = 0.80$  4.9.6.2

Bolts - shear,  $i = 0.75$  4.9.6.3

Guys,  $i = 0.60$  7.6.2

Symbols:

$f_y$  = yield stress

$n_b$  = no. bolts in end connection.

$KL/r$  = Effective slenderness ratio, 3.3.4.

$P_u$  = Force due to factored loads.

$iP_n$  = Design strength.

\* = Factored load/Design strength > 1.0

# = Exceeds slenderness recommendations, TIA-222-G, 4.4.2.

Note:

\* Members are checked for axial force only; additional member checks are required if members are subject to significant bending moments.

\* Buckling restraints assume fully triangulated bracing patterns; additional checks of member capacity and buckling restraints may be required if non-triangulated bracing is used.

\* Members are not checked for manloads or maintenance loads.



Pn1	Members	Typ	Size	fy	nb	Case	-----Compression-----				-----Tension-----				-----Joint-----							
							Pu	Curve	KL/r	iPn	Pu/iPn	Case	Pu	iPn	Pu/iPn	Case	Pu	Dia	Grade	Type	iPn	Pu/iPn
1	75-	76	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	406	10	Leg	80v	146	0.070	512	3	233	0.011	406	10	16	A325	2S	363	0.028
1	79-	80	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	408	12	Leg	80v	146	0.085	502	5	233	0.023	408	12	16	A325	2S	363	0.034
1	83-	84	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	412	12	Leg	80v	146	0.084	506	1	233	0.004	412	12	16	A325	2S	363	0.034
1	87-	88	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	402	15	Leg	80v	146	0.104	508	3	233	0.014	402	15	16	A325	2S	363	0.042
1	2-	3	XBR EA2X2X3/16	250	1	410	8	b4	141v	35	0.237	503	7	101	0.071	410	8	16	A325	1S	49	0.170
1	4-	5	XBR EA2X2X3/16	250	1	403	7	b4	141v	35	0.213	510	8	101	0.079	510	8	16	A325	1S	49	0.163
1	22-	23	XBR EA2X2X3/16	250	1	401	6	b4	141v	35	0.179	508	6	101	0.062	401	6	16	A325	1S	49	0.128
1	24-	25	XBR EA2X2X3/16	250	1	408	7	b4	141v	35	0.191	501	6	101	0.059	408	7	16	A325	1S	49	0.137
1	42-	43	XBR EA2X2X3/16	250	1	404	9	b4	141v	35	0.271	510	9	101	0.087	404	9	16	A325	1S	49	0.194
1	44-	45	XBR EA2X2X3/16	250	1	410	9	b4	141v	35	0.263	504	9	101	0.089	410	9	16	A325	1S	49	0.188
1	62-	63	XBR EA2X2X3/16	250	1	407	6	b4	141v	35	0.178	501	8	101	0.077	501	8	16	A325	1S	49	0.159
1	64-	65	XBR EA2X2X3/16	250	1	401	8	b4	141v	35	0.233	507	6	101	0.058	401	8	16	A325	1S	49	0.167
1	6		HOR EA2X2X3/16	250	2	502	0	b6	169v	24	0.001	407	0	101	0.000	407	0	16	A325	1S	98	0.000
1	26		HOR EA2X2X3/16	250	2	-	-	-	-	-	-	409	0	101	0.001	409	0	16	A325	1S	98	0.001
1	46		HOR EA2X2X3/16	250	2	-	-	-	-	-	-	402	0	101	0.001	402	0	16	A325	1S	98	0.001
1	66		HOR EA2X2X3/16	250	2	-	-	-	-	-	-	404	0	101	0.001	404	0	16	A325	1S	98	0.001
1	77-	78	HOR EA2X2X3/16	250	1	503	0	r1	100v	60	0.004	409	0	101	0.003	409	0	16	A325	1S	49	0.005
1	81-	82	HOR EA2X2X3/16	250	1	502	0	r1	100v	60	0.004	408	0	101	0.003	408	0	16	A325	1S	49	0.005
1	85-	86	HOR EA2X2X3/16	250	1	509	0	r1	100v	60	0.003	403	0	101	0.003	403	0	16	A325	1S	49	0.005
1	89-	90	HOR EA2X2X3/16	250	1	512	0	r1	100v	60	0.003	401	0	101	0.003	401	0	16	A325	1S	49	0.005
1	71-	72	PBR EA2X2X3/16	250	1	505	0	r4	182x	21	0.000	411	0	101	0.001	411	0	16	A325	1S	49	0.001
1	73-	74	PBR EA2X2X3/16	250	1	509	0	r4	182x	21	0.000	403	0	101	0.001	403	0	16	A325	1S	49	0.001
2	101-	102	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	406	24	Leg	80v	146	0.166	512	15	233	0.065	406	24	16	A325	2S	363	0.067
2	121-	122	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	408	32	Leg	80v	146	0.219	502	23	233	0.098	408	32	16	A325	2S	363	0.088
2	141-	142	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	412	27	Leg	80v	146	0.184	506	13	233	0.056	412	27	16	A325	2S	363	0.074
2	161-	162	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	402	35	Leg	80v	146	0.238	508	21	233	0.089	402	35	16	A325	2S	363	0.096
2	105-	106	XBR EA2X2X3/16	250	1	410	9	b4	141v	35	0.269	503	8	101	0.083	410	9	16	A325	1S	49	0.192
2	107-	108	XBR EA2X2X3/16	250	1	403	8	b4	141v	35	0.240	510	9	101	0.091	510	9	16	A325	1S	49	0.189
2	125-	126	XBR EA2X2X3/16	250	1	401	7	b4	141v	35	0.204	507	7	101	0.073	507	7	16	A325	1S	49	0.151
2	127-	128	XBR EA2X2X3/16	250	1	407	8	b4	141v	35	0.216	501	7	101	0.071	407	8	16	A325	1S	49	0.154
2	145-	146	XBR EA2X2X3/16	250	1	404	10	b4	141v	35	0.292	510	10	101	0.098	404	10	16	A325	1S	49	0.209
2	147-	148	XBR EA2X2X3/16	250	1	410	10	b4	141v	35	0.284	504	10	101	0.100	504	10	16	A325	1S	49	0.207
2	165-	166	XBR EA2X2X3/16	250	1	407	7	b4	141v	35	0.203	501	9	101	0.088	501	9	16	A325	1S	49	0.182
2	167-	168	XBR EA2X2X3/16	250	1	401	9	b4	141v	35	0.260	507	7	101	0.070	401	9	16	A325	1S	49	0.186
2	103-	104	HOR EA2X2X3/16	250	1	408	0	r1	100v	60	0.007	408	0	101	0.004	408	0	16	A325	1S	49	0.008
2	123-	124	HOR EA2X2X3/16	250	1	408	0	r1	100v	60	0.007	408	0	101	0.004	408	0	16	A325	1S	49	0.008
2	143-	144	HOR EA2X2X3/16	250	1	402	0	r1	100v	60	0.007	402	0	101	0.004	402	0	16	A325	1S	49	0.009
2	163-	164	HOR EA2X2X3/16	250	1	402	0	r1	100v	60	0.007	402	0	101	0.004	402	0	16	A325	1S	49	0.009
2	173-	174	PBR EA2X2X3/16	250	1	512	0	r4	182x	21	0.000	411	0	101	0.001	411	0	16	A325	1S	49	0.001
2	175-	176	PBR EA2X2X3/16	250	1	503	0	r4	182x	21	0.000	403	0	101	0.001	403	0	16	A325	1S	49	0.001
3	201-	202	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	406	43	Leg	80v	146	0.297	512	30	233	0.129	406	43	16	A325	2S	363	0.119
3	221-	222	LEG EA2.5X2.5X1/4	345	4	408	57	Leg	80v	146	0.390	502	43	233	0.184	408	57	16	A325	2S	363	0.157

3	241-	242	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	4	412	46	Leg	80v	146	0.315	506	27	233	0.117	412	46	16	A325	2S	363	0.127
3	261-	262	LEG	EA2.5X2.5X1/4	345	4	402	58	Leg	80v	146	0.400	508	40	233	0.174	402	58	16	A325	2S	363	0.161
3	205-	206	XBR	EA2X2X3/16	250	1	411	16	b4	141v	35	0.467	503	16	101	0.161	411	16	16	A325	1S	49	0.334
3	207-	208	XBR	EA2X2X3/16	250	1	403	16	b4	141v	35	0.464	511	16	101	0.160	403	16	16	A325	1S	49	0.332
3	225-	226	XBR	EA2X2X3/16	250	1	401	15	b4	141v	35	0.426	507	13	101	0.129	401	15	16	A325	1S	49	0.305
3	227-	228	XBR	EA2X2X3/16	250	1	407	14	b4	141v	35	0.386	501	15	101	0.146	501	15	16	A325	1S	49	0.302
3	245-	246	XBR	EA2X2X3/16	250	1	404	19	b4	141v	35	0.547	510	19	101	0.186	404	19	16	A325	1S	49	0.391
3	247-	248	XBR	EA2X2X3/16	250	1	410	19	b4	141v	35	0.543	504	19	101	0.185	410	19	16	A325	1S	49	0.389
3	265-	266	XBR	EA2X2X3/16	250	1	407	13	b4	141v	35	0.382	501	15	101	0.145	501	15	16	A325	1S	49	0.299
3	267-	268	XBR	EA2X2X3/16	250	1	401	15	b4	141v	35	0.431	507	13	101	0.131	401	15	16	A325	1S	49	0.309
3	203-	204	HOR	EA2X2X3/16	250	1	503	5	r1	100v	60	0.090	404	5	101	0.051	503	5	16	A325	1S	49	0.110
3	223-	224	HOR	EA2X2X3/16	250	1	501	5	r1	100v	60	0.086	401	5	101	0.050	501	5	16	A325	1S	49	0.105
3	243-	244	HOR	EA2X2X3/16	250	1	510	6	r1	100v	60	0.101	410	6	101	0.059	510	6	16	A325	1S	49	0.122
7	601-	604	LEG	EA4X4X1/4	345	6	406	180	Leg	40v	301	0.598	512	161	388	0.414	406	182	16	A325	2S	557	0.326
7	641-	644	LEG	EA4X4X1/4	345	6	408	199	Leg	40v	301	0.662	502	179	388	0.461	408	201	16	A325	2S	557	0.361
7	681-	684	LEG	EA4X4X1/4	345	6	412	185	Leg	40v	301	0.615	506	156	388	0.401	412	187	16	A325	2S	557	0.335
7	721-	724	LEG	EA4X4X1/4	345	6	402	203	Leg	40v	301	0.676	508	175	388	0.451	402	205	16	A325	2S	557	0.368
7	607-	610	XBR	EA2X2X3/16	250	2	409	30	b2	104v	57	0.527	503	30	101	0.297	409	30	16	A325	1S	98	0.308
7	611-	614	XBR	EA2X2X3/16	250	2	406	28	b2	104v	57	0.482	511	29	101	0.286	511	29	16	A325	1S	98	0.296
7	647-	650	XBR	EA2X2X3/16	250	2	412	28	b2	104v	57	0.491	506	22	101	0.222	412	28	16	A325	1S	98	0.287
7	651-	654	XBR	EA2X2X3/16	250	2	408	34	b2	104v	57	0.586	502	28	101	0.274	408	34	16	A325	1S	98	0.343
7	687-	690	XBR	EA2X2X3/16	250	2	403	35	b2	104v	57	0.608	509	32	101	0.320	403	35	16	A325	1S	98	0.356
7	691-	694	XBR	EA2X2X3/16	250	2	411	32	b2	104v	57	0.558	505	29	101	0.288	411	32	16	A325	1S	98	0.327
7	727-	730	XBR	EA2X2X3/16	250	2	406	30	b2	104v	57	0.522	512	24	101	0.239	406	30	16	A325	1S	98	0.305
7	731-	734	XBR	EA2X2X3/16	250	2	402	30	b2	104v	57	0.529	508	24	101	0.237	402	30	16	A325	1S	98	0.309
7	605-	606	HOR	EA2X2X3/16	250	1	408	2	r1	106v	56	0.038	408	2	101	0.021	408	2	13	A325	1S	31	0.068
7	645-	646	HOR	EA2X2X3/16	250	1	408	2	r1	106v	56	0.038	408	2	101	0.021	408	2	13	A325	1S	31	0.068
7	685-	686	HOR	EA2X2X3/16	250	1	402	2	r1	106v	56	0.039	402	2	101	0.021	402	2	13	A325	1S	31	0.069
7	725-	726	HOR	EA2X2X3/16	250	1	402	2	r1	106v	56	0.039	402	2	101	0.021	402	2	13	A325	1S	31	0.069
7	747-	748	PBR	EA2X2X3/16	250	1	512	0	r4	194x	19	0.002	409	0	101	0.001	409	0	16	A325	1S	49	0.002
7	749-	750	PBR	EA2X2X3/16	250	1	502	0	r4	194x	19	0.003	404	0	101	0.001	404	0	16	A325	1S	49	0.002
7	615		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	5	r1	72v	58	0.084	406	5	77	0.070	406	5	13	A325	1S	31	0.170
7	616		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	5	r4	122v	35	0.149	512	5	77	0.061	406	5	13	A325	1S	31	0.166
7	617		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	6	r4	127v	33	0.185	512	5	77	0.067	406	6	13	A325	1S	31	0.192
7	618		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	5	r1	72v	58	0.085	406	6	77	0.078	406	6	13	A325	1S	31	0.190
7	619		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	5	r1	72v	58	0.092	408	6	77	0.076	408	6	13	A325	1S	31	0.186
7	620		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	6	r4	122v	35	0.163	502	5	77	0.067	408	6	13	A325	1S	31	0.181
7	621		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	7	r4	127v	33	0.203	502	6	77	0.076	408	7	13	A325	1S	31	0.211
7	622		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	6	r1	72v	58	0.097	408	7	77	0.086	408	7	13	A325	1S	31	0.210
7	655		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	5	r1	72v	58	0.092	408	6	77	0.079	408	6	13	A325	1S	31	0.193
7	656		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	6	r4	122v	35	0.168	502	5	77	0.067	408	6	13	A325	1S	31	0.187
7	657		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	7	r4	127v	33	0.206	502	6	77	0.078	408	7	13	A325	1S	31	0.213
7	658		RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	503	6	r1	72v	58	0.100	408	7	77	0.087	408	7	13	A325	1S	31	0.212

7	659	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	72v	58	0.079	412	5	77	0.072	412	5	13	A325	1S	31	0.175	
7	660	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	5	r4	122v	35	0.154	506	4	77	0.058	412	5	13	A325	1S	31	0.171	
7	661	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	411	6	r4	127v	33	0.200	506	5	77	0.069	411	6	13	A325	1S	31	0.207	
7	662	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	72v	58	0.089	411	7	77	0.085	411	7	13	A325	1S	31	0.208	
7	695	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	72v	58	0.083	412	6	77	0.073	412	6	13	A325	1S	31	0.178	
7	696	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	5	r4	122v	35	0.155	506	5	77	0.060	412	5	13	A325	1S	31	0.173	
7	697	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	6	r4	127v	33	0.186	506	5	77	0.066	412	6	13	A325	1S	31	0.193	
7	698	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	72v	58	0.084	412	6	77	0.078	412	6	13	A325	1S	31	0.191	
7	699	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	5	r1	72v	58	0.093	402	6	77	0.080	402	6	13	A325	1S	31	0.195	
7	700	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	6	r4	122v	35	0.170	508	5	77	0.068	402	6	13	A325	1S	31	0.189	
7	701	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	7	r4	127v	33	0.205	508	6	77	0.072	402	7	13	A325	1S	31	0.212	
7	702	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	5	r1	72v	58	0.092	402	7	77	0.086	402	7	13	A325	1S	31	0.211	
7	735	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	5	r1	72v	58	0.087	402	6	77	0.079	402	6	13	A325	1S	31	0.192	
7	736	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	6	r4	122v	35	0.167	508	5	77	0.064	402	6	13	A325	1S	31	0.186	
7	737	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	7	r4	127v	33	0.213	508	6	77	0.078	402	7	13	A325	1S	31	0.221	
7	738	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	6	r1	72v	58	0.100	403	7	77	0.091	403	7	13	A325	1S	31	0.221	
7	739	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	5	r1	72v	58	0.082	406	5	77	0.071	406	5	13	A325	1S	31	0.174	
7	740	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	5	r4	122v	35	0.152	512	5	77	0.060	406	5	13	A325	1S	31	0.169	
7	741	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	6	r4	127v	33	0.189	511	6	77	0.074	406	6	13	A325	1S	31	0.197	
7	742	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	511	6	r1	72v	58	0.095	406	6	77	0.080	406	6	13	A325	1S	31	0.195	
8	801-	804	LEG	EA4X4X1/4	345	6	406	253	Leg	40v	301	0.839	512	221	388	0.569	406	253	16	A325	2S	557	0.455
8	841-	844	LEG	EA4X4X1/4	345	6	408	275	Leg	40v	301	0.913	502	241	388	0.622	408	276	16	A325	2S	557	0.495
8	881-	884	LEG	EA4X4X1/4	345	6	412	259	Leg	40v	301	0.861	506	214	388	0.552	412	260	16	A325	2S	557	0.466
8	921-	924	LEG	EA4X4X1/4	345	6	402	280	Leg	40v	301	0.929	508	237	388	0.610	402	280	16	A325	2S	557	0.503
8	807-	810	XBR	EA2X2X3/16	250	2	411	31	b2	106v	56	0.552	503	30	101	0.298	411	31	16	A325	1S	98	0.313
8	811-	814	XBR	EA2X2X3/16	250	2	403	31	b2	106v	56	0.549	511	30	101	0.298	403	31	16	A325	1S	98	0.311
8	847-	850	XBR	EA2X2X3/16	250	2	401	29	b2	106v	56	0.518	507	25	101	0.249	401	29	16	A325	1S	98	0.293
8	851-	854	XBR	EA2X2X3/16	250	2	407	26	b2	106v	56	0.471	501	28	101	0.277	501	28	16	A325	1S	98	0.286
8	887-	890	XBR	EA2X2X3/16	250	2	404	37	b2	106v	56	0.660	510	36	101	0.352	404	37	16	A325	1S	98	0.374
8	891-	894	XBR	EA2X2X3/16	250	2	410	36	b2	106v	56	0.655	504	36	101	0.353	410	36	16	A325	1S	98	0.371
8	927-	930	XBR	EA2X2X3/16	250	2	407	26	b2	106v	56	0.469	501	28	101	0.276	501	28	16	A325	1S	98	0.285
8	931-	934	XBR	EA2X2X3/16	250	2	401	29	b2	106v	56	0.520	507	25	101	0.250	401	29	16	A325	1S	98	0.295
8	805-	806	HOR	EA2X2X3/16	250	1	502	3	r5	120v	47	0.068	408	3	101	0.034	408	3	13	A325	1S	31	0.111
8	845-	846	HOR	EA2X2X3/16	250	1	503	4	r5	120v	47	0.075	408	4	101	0.037	408	4	13	A325	1S	31	0.119
8	885-	886	HOR	EA2X2X3/16	250	1	508	3	r5	120v	47	0.067	402	3	101	0.034	402	3	13	A325	1S	31	0.111
8	925-	926	HOR	EA2X2X3/16	250	1	511	3	r5	120v	47	0.073	403	4	101	0.038	403	4	13	A325	1S	31	0.122
8	947-	948	PBR	EA2X2X3/16	250	1	511	0	r4	220x	15	0.006	409	0	101	0.002	409	0	16	A325	1S	49	0.004
8	949-	950	PBR	EA2X2X3/16	250	1	503	0	r4	220x	15	0.006	404	0	101	0.002	404	0	16	A325	1S	49	0.004
8	815	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	8	r1	81v	54	0.142	406	9	77	0.114	406	9	13	A325	1S	31	0.277	
8	816	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	8	r4	128v	32	0.246	512	7	77	0.089	406	8	13	A325	1S	31	0.250	
8	817	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	8	r4	132v	30	0.255	512	6	77	0.084	406	8	13	A325	1S	31	0.248	
8	818	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	7	r1	81v	54	0.129	406	9	77	0.113	406	9	13	A325	1S	31	0.275	
8	819	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	8	r1	81v	54	0.157	408	9	77	0.123	408	9	13	A325	1S	31	0.300	
8	820	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	8	r4	128v	32	0.266	502	8	77	0.098	408	8	13	A325	1S	31	0.270	
8	821	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	8	r4	132v	30	0.276	502	7	77	0.092	408	8	13	A325	1S	31	0.269	
8	822	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	8	r1	81v	54	0.142	408	9	77	0.122	408	9	13	A325	1S	31	0.298	

8	855	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	8 r1	81v	54	0.156	408	10	77	0.126	408	10	13	A325	1S	31	0.308
8	856	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	9 r4	128v	32	0.273	502	7	77	0.098	408	9	13	A325	1S	31	0.278
8	857	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	409	9 r4	132v	30	0.291	503	8	77	0.104	409	9	13	A325	1S	31	0.284
8	858	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	503	9 r1	81v	54	0.163	409	10	77	0.130	409	10	13	A325	1S	31	0.317
8	859	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	7 r1	81v	54	0.138	412	9	77	0.119	412	9	13	A325	1S	31	0.291
8	860	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	8 r4	128v	32	0.259	506	7	77	0.087	412	8	13	A325	1S	31	0.263
8	861	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	411	9 r4	132v	30	0.287	505	7	77	0.092	411	9	13	A325	1S	31	0.280
8	862	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	505	8 r1	81v	54	0.143	411	10	77	0.128	411	10	13	A325	1S	31	0.313
8	895	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	8 r1	81v	54	0.142	412	9	77	0.118	412	9	13	A325	1S	31	0.287
8	896	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	8 r4	128v	32	0.254	506	7	77	0.089	412	8	13	A325	1S	31	0.259
8	897	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	8 r4	132v	30	0.254	506	6	77	0.083	412	8	13	A325	1S	31	0.247
8	898	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	7 r1	81v	54	0.127	412	9	77	0.112	412	9	13	A325	1S	31	0.272
8	899	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	8 r1	81v	54	0.153	402	10	77	0.127	402	10	13	A325	1S	31	0.311
8	900	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	9 r4	128v	32	0.274	508	7	77	0.096	402	9	13	A325	1S	31	0.279
8	901	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	8 r4	132v	30	0.274	508	7	77	0.091	402	8	13	A325	1S	31	0.267
8	902	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	8 r1	81v	54	0.140	402	9	77	0.121	402	9	13	A325	1S	31	0.295
8	935	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	8 r1	81v	54	0.152	402	10	77	0.127	402	10	13	A325	1S	31	0.309
8	936	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	9 r4	128v	32	0.274	508	7	77	0.096	402	9	13	A325	1S	31	0.279
8	937	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	403	9 r4	132v	30	0.305	509	8	77	0.101	403	9	13	A325	1S	31	0.297
8	938	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	509	9 r1	81v	54	0.158	403	10	77	0.136	403	10	13	A325	1S	31	0.332
8	939	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	8 r1	81v	54	0.146	406	9	77	0.117	406	9	13	A325	1S	31	0.287
8	940	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	8 r4	128v	32	0.254	512	7	77	0.092	406	8	13	A325	1S	31	0.259
8	941	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	405	8 r4	132v	30	0.267	511	7	77	0.097	405	8	13	A325	1S	31	0.260
8	942	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	511	8 r1	81v	54	0.152	405	9	77	0.119	405	9	13	A325	1S	31	0.291
9	1001- 1004	LEG	EA4X4X3/8	345	6	406	304 Leg	82v	344	0.885	512	272	566	0.481	406	304	16	A325	2S	588	0.518
9	1041- 1044	LEG	EA4X4X3/8	345	6	408	322 Leg	82v	344	0.937	502	288	566	0.510	408	322	16	A325	2S	588	0.548
9	1081- 1084	LEG	EA4X4X3/8	345	6	412	312 Leg	82v	344	0.907	506	265	566	0.468	412	312	16	A325	2S	588	0.530
9	1121- 1124	LEG	EA4X4X3/8	345	6	402	328 Leg	82v	344	0.954	508	283	566	0.500	402	328	16	A325	2S	588	0.558
9	1007- 1010	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	409	44 b5	140v	60	0.730	503	46	169	0.271	503	46	16	A325	1S	98	0.467
9	1011- 1014	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	405	43 b5	140v	60	0.713	511	44	169	0.263	511	44	16	A325	1S	98	0.453
9	1047- 1050	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	412	41 b5	140v	60	0.686	506	34	169	0.199	412	41	16	A325	1S	98	0.419
9	1051- 1054	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	408	45 b5	140v	60	0.751	501	38	169	0.223	408	45	16	A325	1S	98	0.459
9	1087- 1090	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	404	51 b5	140v	60	0.849	509	48	169	0.284	404	51	16	A325	1S	98	0.519
9	1091- 1094	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	411	49 b5	140v	60	0.821	505	47	169	0.279	411	49	16	A325	1S	98	0.501
9	1127- 1130	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	406	45 b5	140v	60	0.749	512	38	169	0.226	406	45	16	A325	1S	98	0.458
9	1131- 1134	XBR	EA2.5X2.5X1/4	250	2	401	41 b5	140v	60	0.689	507	34	169	0.202	401	41	16	A325	1S	98	0.421
9	1005- 1006	HOR	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	4 r1	112v	87	0.049	408	4	169	0.025	408	4	16	A325	1S	49	0.087
9	1045- 1046	HOR	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	4 r1	112v	87	0.049	408	4	169	0.025	408	4	16	A325	1S	49	0.087
9	1085- 1086	HOR	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	4 r1	112v	87	0.050	402	4	169	0.026	402	4	16	A325	1S	49	0.088
9	1125- 1126	HOR	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	4 r1	112v	87	0.050	402	4	169	0.026	402	4	16	A325	1S	49	0.088
9	1147- 1148	PBR	EA2.5X2.5X3/16	250	1	512	0 r4	200x	22	0.003	409	0	131	0.001	409	0	16	A325	1S	49	0.002
9	1149- 1150	PBR	EA2.5X2.5X3/16	250	1	502	0 r4	200x	22	0.003	404	0	131	0.001	404	0	16	A325	1S	49	0.002
9	1015	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	5 r1	95v	48	0.101	406	5	77	0.071	406	5	16	A325	1S	49	0.112
9	1016	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	8 r4	210v	12	0.667	512	7	77	0.090	406	8	16	A325	1S	49	0.163
9	1017	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	7 r4	238v	9	0.698	512	6	77	0.076	406	7	16	A325	1S	49	0.133
9	1018	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	4 r1	95v	48	0.085	406	4	77	0.053	406	4	16	A325	1S	49	0.082

9	1019	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	5	r1	95v	48	0.108	408	6	77	0.076	408	6	16	A325	1S	49	0.118	
9	1020	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	8	r4	210v	12	0.703	502	7	77	0.096	408	8	16	A325	1S	49	0.172	
9	1021	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	7	r4	238v	9	0.739	502	6	77	0.081	408	7	16	A325	1S	49	0.141	
9	1022	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	4	r1	95v	48	0.090	408	4	77	0.056	408	4	16	A325	1S	49	0.087	
9	1055	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	502	5	r1	95v	48	0.114	408	6	77	0.079	408	6	16	A325	1S	49	0.123	
9	1056	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	9	r4	210v	12	0.731	502	8	77	0.101	408	9	16	A325	1S	49	0.179	
9	1057	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	7	r4	238v	9	0.765	503	7	77	0.087	408	7	16	A325	1S	49	0.146	
9	1058	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	408	4	r1	95v	48	0.090	409	4	77	0.058	409	4	16	A325	1S	49	0.090	
9	1059	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	95v	48	0.103	412	6	77	0.077	412	6	16	A325	1S	49	0.120	
9	1060	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	9	r4	210v	12	0.712	506	7	77	0.092	412	9	16	A325	1S	49	0.174	
9	1061	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	411	7	r4	238v	9	0.759	506	6	77	0.081	411	7	16	A325	1S	49	0.145	
9	1062	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	4	r1	95v	48	0.087	411	4	77	0.058	411	4	16	A325	1S	49	0.091	
9	1095	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	506	5	r1	95v	48	0.100	412	6	77	0.073	412	6	16	A325	1S	49	0.114	
9	1096	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	8	r4	210v	12	0.678	506	7	77	0.090	412	8	16	A325	1S	49	0.166	
9	1097	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	6	r4	238v	9	0.696	506	6	77	0.074	412	6	16	A325	1S	49	0.133	
9	1098	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	4	r1	95v	48	0.087	412	4	77	0.054	412	4	16	A325	1S	49	0.084	
9	1099	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	5	r1	95v	48	0.107	402	6	77	0.077	402	6	16	A325	1S	49	0.120	
9	1100	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	9	r4	210v	12	0.715	508	7	77	0.096	402	9	16	A325	1S	49	0.175	
9	1101	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	7	r4	238v	9	0.736	508	6	77	0.079	402	7	16	A325	1S	49	0.140	
9	1102	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	4	r1	95v	48	0.092	402	4	77	0.057	402	4	16	A325	1S	49	0.089	
9	1135	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	508	5	r1	95v	48	0.110	402	6	77	0.080	402	6	16	A325	1S	49	0.125	
9	1136	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	9	r4	210v	12	0.743	508	8	77	0.098	402	9	16	A325	1S	49	0.182	
9	1137	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	403	7	r4	238v	9	0.794	508	7	77	0.086	403	7	16	A325	1S	49	0.151	
9	1138	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	402	4	r1	95v	48	0.092	403	5	77	0.061	403	5	16	A325	1S	49	0.095	
9	1139	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	512	5	r1	95v	48	0.108	406	6	77	0.075	406	6	16	A325	1S	49	0.117	
9	1140	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	8	r4	210v	12	0.692	512	7	77	0.096	406	8	16	A325	1S	49	0.170	
9	1141	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	7	r4	238v	9	0.722	511	6	77	0.083	406	7	16	A325	1S	49	0.138	
9	1142	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	4	r1	95v	48	0.085	406	4	77	0.054	406	4	16	A325	1S	49	0.085	
.																							
.																							
23	4201-4204	LEG	EA5X3/8-5X3/8	345	16	406	1314	Leg	29v	1359	0.967	512	1052	1446	0.727	406	1314	16	A325	2S	1567	0.838	
23	4241-4244	LEG	EA5X3/8-5X3/8	345	16	408	1320	Leg	29v	1359	0.971	502	1057	1446	0.731	408	1320	16	A325	2S	1567	0.842	
23	4281-4284	LEG	EA5X3/8-5X3/8	345	16	412	1329	Leg	29v	1359	0.978	506	1037	1446	0.717	412	1329	16	A325	2S	1567	0.848	
23	4321-4324	LEG	EA5X3/8-5X3/8	345	16	402	1334	Leg	29v	1359	0.982	508	1042	1446	0.721	402	1334	16	A325	2S	1567	0.851	
23	4207-4210	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	45	b5	141v	98	0.461	504	39	281	0.138	410	45	16	A325	1S	98	0.462	
23	4211-4214	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	45	b5	141v	98	0.461	510	39	281	0.137	404	45	16	A325	1S	98	0.462	
23	4247-4250	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	46	b5	141v	98	0.467	407	38	281	0.137	401	46	16	A325	1S	98	0.468	
23	4251-4254	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	46	b5	141v	98	0.464	401	39	281	0.138	407	46	16	A325	1S	98	0.465	
23	4287-4290	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	46	b5	141v	98	0.472	510	40	281	0.141	404	46	16	A325	1S	98	0.474	
23	4291-4294	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	46	b5	141v	98	0.471	504	40	281	0.141	410	46	16	A325	1S	98	0.472	
23	4327-4330	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	45	b5	141v	98	0.463	401	39	281	0.138	407	45	16	A325	1S	98	0.464	
23	4331-4334	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	46	b5	141v	98	0.468	407	39	281	0.137	401	46	16	A325	1S	98	0.469	
23	4407-4410	HOR	EA4X4X1/4	250	1	408	14	r5	154x	82	0.170	408	14	281	0.050	408	14	16	A325	1S	49	0.285	
23	4411-4414	HOR	EA4X4X1/4	250	1	412	14	r5	154x	82	0.171	412	14	281	0.050	412	14	16	A325	1S	49	0.287	
23	4415-4418	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	14	r5	154x	82	0.172	402	14	281	0.050	402	14	16	A325	1S	49	0.288	

23	4419-	4422	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	14	r5	154x	82	0.172	402	14	281	0.050	402	14	16	A325	1S	49	0.288
23	4348-	4406	PBR	EA4X4X1/4	250	1	402	1	r4	122v	127	0.004	508	0	281	0.002	402	1	16	A325	1S	49	0.011
23	4350-	4351	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	205v	46	0.023	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4355-	4356	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	205v	46	0.023	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4358-	4364	PBR	EA4X4X1/4	250	1	412	1	r4	122v	127	0.004	506	0	281	0.002	412	1	16	A325	1S	49	0.011
23	4366-	4367	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	137v	104	0.010	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4371-	4372	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	137v	104	0.010	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4374-	4380	PBR	EA4X4X1/4	250	1	408	1	r4	122v	127	0.004	502	0	281	0.002	408	1	16	A325	1S	49	0.011
23	4382-	4383	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	205v	46	0.023	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4387-	4388	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	205v	46	0.023	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4390-	4396	PBR	EA4X4X1/4	250	1	406	1	r4	122v	127	0.004	512	0	281	0.002	406	1	16	A325	1S	49	0.011
23	4398-	4399	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	137v	104	0.010	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4403-	4404	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	137v	104	0.010	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.022
23	4215		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	14	r4	207v	27	0.511	406	14	169	0.082	406	14	16	A325	1S	49	0.283
23	4216		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	234v	21	0.364	406	8	169	0.046	406	8	16	A325	1S	49	0.159
23	4217		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	227v	23	0.335	406	8	169	0.045	406	8	16	A325	1S	49	0.155
23	4218		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	14	r4	207v	27	0.513	406	14	169	0.082	406	14	16	A325	1S	49	0.284
23	4219		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	14	r4	207v	27	0.513	408	14	169	0.083	408	14	16	A325	1S	49	0.284
23	4220		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	234v	21	0.366	408	8	169	0.046	408	8	16	A325	1S	49	0.160
23	4221		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	227v	23	0.336	408	8	169	0.045	408	8	16	A325	1S	49	0.156
23	4222		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	14	r4	207v	27	0.515	408	14	169	0.083	408	14	16	A325	1S	49	0.285
23	4255		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	14	r4	207v	27	0.513	408	14	169	0.083	408	14	16	A325	1S	49	0.284
23	4256		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	234v	21	0.366	408	8	169	0.046	408	8	16	A325	1S	49	0.160
23	4257		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	227v	23	0.336	408	8	169	0.045	408	8	16	A325	1S	49	0.156
23	4258		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	14	r4	207v	27	0.515	408	14	169	0.083	408	14	16	A325	1S	49	0.285
23	4259		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	14	r4	207v	27	0.517	412	14	169	0.083	412	14	16	A325	1S	49	0.286
23	4260		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	234v	21	0.368	412	8	169	0.047	412	8	16	A325	1S	49	0.161
23	4261		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	227v	23	0.339	412	8	169	0.045	412	8	16	A325	1S	49	0.157
23	4262		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	14	r4	207v	27	0.519	412	14	169	0.083	412	14	16	A325	1S	49	0.287
23	4295		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	14	r4	207v	27	0.517	412	14	169	0.083	412	14	16	A325	1S	49	0.286
23	4296		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	234v	21	0.368	412	8	169	0.047	412	8	16	A325	1S	49	0.161
23	4297		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	227v	23	0.339	412	8	169	0.045	412	8	16	A325	1S	49	0.157
23	4298		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	14	r4	207v	27	0.519	412	14	169	0.083	412	14	16	A325	1S	49	0.287
23	4299		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	14	r4	207v	27	0.519	402	14	169	0.083	402	14	16	A325	1S	49	0.287
23	4300		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	234v	21	0.370	402	8	169	0.047	402	8	16	A325	1S	49	0.162
23	4301		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	227v	23	0.340	402	8	169	0.046	402	8	16	A325	1S	49	0.157
23	4302		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	14	r4	207v	27	0.521	402	14	169	0.084	402	14	16	A325	1S	49	0.289
23	4335		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	14	r4	207v	27	0.519	402	14	169	0.083	402	14	16	A325	1S	49	0.287
23	4336		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	234v	21	0.370	402	8	169	0.047	402	8	16	A325	1S	49	0.162
23	4337		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	227v	23	0.340	402	8	169	0.046	402	8	16	A325	1S	49	0.157
23	4338		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	14	r4	207v	27	0.521	402	14	169	0.084	402	14	16	A325	1S	49	0.289
23	4339		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	14	r4	207v	27	0.511	406	14	169	0.082	406	14	16	A325	1S	49	0.283
23	4340		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	234v	21	0.364	406	8	169	0.046	406	8	16	A325	1S	49	0.159
23	4341		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	227v	23	0.335	406	8	169	0.045	406	8	16	A325	1S	49	0.155
23	4342		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	14	r4	207v	27	0.513	406	14	169	0.082	406	14	16	A325	1S	49	0.284
24	4501-	4504	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	406	1380	Leg	29v	1789	0.771	512	1091	1903	0.573	406	1380	19	A325	2S	2257	0.612

24	4541-	4544	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	408	1386	Leg	29v	1789	0.774	502	1096	1903	0.576	408	1386	19	A325	2S	2257	0.614
24	4581-	4584	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	412	1396	Leg	29v	1789	0.780	506	1076	1903	0.565	412	1396	19	A325	2S	2257	0.619
24	4621-	4624	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	402	1401	Leg	29v	1789	0.783	508	1081	1903	0.568	402	1401	19	A325	2S	2257	0.621
24	4507-	4510	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	47	b5	145v	93	0.507	404	40	281	0.143	410	47	16	A325	1S	98	0.481
24	4511-	4514	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	47	b5	145v	93	0.507	410	40	281	0.143	404	47	16	A325	1S	98	0.481
24	4547-	4550	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	48	b5	145v	93	0.513	407	41	281	0.144	407	48	16	A325	1S	98	0.487
24	4551-	4554	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	47	b5	145v	93	0.509	401	41	281	0.145	407	47	16	A325	1S	98	0.483
24	4587-	4590	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	48	b5	145v	93	0.518	410	41	281	0.146	404	48	16	A325	1S	98	0.492
24	4591-	4594	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	48	b5	145v	93	0.518	404	41	281	0.146	410	48	16	A325	1S	98	0.491
24	4627-	4630	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	47	b5	145v	93	0.510	401	41	281	0.145	407	47	16	A325	1S	98	0.483
24	4631-	4634	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	48	b5	145v	93	0.513	407	41	281	0.144	401	48	16	A325	1S	98	0.487
24	4707-	4710	HOR	EA4X4X1/4	250	1	408	15	r5	160x	76	0.192	408	15	281	0.052	408	15	16	A325	1S	49	0.299
24	4711-	4714	HOR	EA4X4X1/4	250	1	412	15	r5	160x	76	0.193	412	15	281	0.052	412	15	16	A325	1S	49	0.301
24	4715-	4718	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	15	r5	160x	76	0.194	402	15	281	0.053	402	15	16	A325	1S	49	0.302
24	4719-	4722	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	15	r5	160x	76	0.194	402	15	281	0.053	402	15	16	A325	1S	49	0.302
24	4648-	4706	PBR	EA4X4X1/4	250	1	402	0	r4	128v	118	0.004	508	0	281	0.002	402	0	16	A325	1S	49	0.010
24	4650-	4651	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	214v	42	0.026	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4655-	4656	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	214v	42	0.026	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4658-	4664	PBR	EA4X4X1/4	250	1	412	0	r4	128v	118	0.004	506	0	281	0.002	412	0	16	A325	1S	49	0.010
24	4666-	4667	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	143v	96	0.012	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4671-	4672	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	143v	96	0.012	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4674-	4680	PBR	EA4X4X1/4	250	1	408	0	r4	128v	118	0.004	502	0	281	0.002	408	0	16	A325	1S	49	0.010
24	4682-	4683	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	214v	42	0.027	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4687-	4688	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	214v	42	0.027	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4690-	4696	PBR	EA4X4X1/4	250	1	406	0	r4	128v	118	0.004	512	0	281	0.002	406	0	16	A325	1S	49	0.010
24	4698-	4699	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	143v	96	0.012	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4703-	4704	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	143v	96	0.012	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.023
24	4515		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	15	r4	217v	25	0.584	406	15	169	0.086	406	15	16	A325	1S	49	0.297
24	4516		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	242v	20	0.407	406	8	169	0.048	406	8	16	A325	1S	49	0.166
24	4517		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	235v	21	0.374	406	8	169	0.047	406	8	16	A325	1S	49	0.161
24	4518		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	15	r4	217v	25	0.587	406	15	169	0.087	406	15	16	A325	1S	49	0.298
24	4519		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	15	r4	217v	25	0.587	408	15	169	0.086	408	15	16	A325	1S	49	0.298
24	4520		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	242v	20	0.408	408	8	169	0.048	408	8	16	A325	1S	49	0.166
24	4521		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	235v	21	0.376	408	8	169	0.047	408	8	16	A325	1S	49	0.162
24	4522		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	15	r4	217v	25	0.590	408	15	169	0.087	408	15	16	A325	1S	49	0.299
24	4555		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	15	r4	217v	25	0.587	408	15	169	0.086	408	15	16	A325	1S	49	0.298
24	4556		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	242v	20	0.408	408	8	169	0.048	408	8	16	A325	1S	49	0.166
24	4557		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	8	r4	235v	21	0.376	408	8	169	0.047	408	8	16	A325	1S	49	0.162
24	4558		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	408	15	r4	217v	25	0.590	408	15	169	0.087	408	15	16	A325	1S	49	0.299
24	4559		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	15	r4	217v	25	0.591	412	15	169	0.087	412	15	16	A325	1S	49	0.300
24	4560		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	242v	20	0.411	412	8	169	0.049	412	8	16	A325	1S	49	0.168
24	4561		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	235v	21	0.379	412	8	169	0.047	412	8	16	A325	1S	49	0.163
24	4562		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	15	r4	217v	25	0.594	412	15	169	0.088	412	15	16	A325	1S	49	0.302
24	4595		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	15	r4	217v	25	0.591	412	15	169	0.087	412	15	16	A325	1S	49	0.300
24	4596		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	242v	20	0.411	412	8	169	0.049	412	8	16	A325	1S	49	0.168
24	4597		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	8	r4	235v	21	0.379	412	8	169	0.047	412	8	16	A325	1S	49	0.163
24	4598		RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	412	15	r4	217v	25	0.594	412	15	169	0.088	412	15	16	A325	1S	49	0.302

24	4599	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	15	r4	217v	25	0.593	402	15	169	0.087	402	15	16	A325	1S	49	0.301
24	4600	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	242v	20	0.413	402	8	169	0.049	402	8	16	A325	1S	49	0.168
24	4601	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	235v	21	0.380	402	8	169	0.047	402	8	16	A325	1S	49	0.164
24	4602	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	15	r4	217v	25	0.596	402	15	169	0.088	402	15	16	A325	1S	49	0.303
24	4635	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	15	r4	217v	25	0.593	402	15	169	0.087	402	15	16	A325	1S	49	0.301
24	4636	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	242v	20	0.413	402	8	169	0.049	402	8	16	A325	1S	49	0.168
24	4637	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	8	r4	235v	21	0.380	402	8	169	0.047	402	8	16	A325	1S	49	0.164
24	4638	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	402	15	r4	217v	25	0.596	402	15	169	0.088	402	15	16	A325	1S	49	0.303
24	4639	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	15	r4	217v	25	0.584	406	15	169	0.086	406	15	16	A325	1S	49	0.297
24	4640	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	242v	20	0.407	406	8	169	0.048	406	8	16	A325	1S	49	0.166
24	4641	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	8	r4	235v	21	0.374	406	8	169	0.047	406	8	16	A325	1S	49	0.161
24	4642	RED	EA2.5X2.5X1/4	250	1	406	15	r4	217v	25	0.587	406	15	169	0.087	406	15	16	A325	1S	49	0.298
25	4801- 4804	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	406	1448	Leg	29v	1790	0.809	512	1132	1903	0.595	406	1448	19	A325	2S	2257	0.642
25	4841- 4844	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	408	1454	Leg	29v	1790	0.812	502	1137	1903	0.597	408	1454	19	A325	2S	2257	0.644
25	4881- 4884	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	412	1464	Leg	29v	1790	0.818	506	1117	1903	0.587	412	1464	19	A325	2S	2257	0.649
25	4921- 4924	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	402	1469	Leg	29v	1790	0.821	508	1122	1903	0.590	402	1469	19	A325	2S	2257	0.651
25	4807- 4810	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	49	b5	149v	88	0.554	404	42	281	0.150	410	49	16	A325	1S	98	0.497
25	4811- 4814	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	49	b5	149v	88	0.554	410	42	281	0.150	404	49	16	A325	1S	98	0.497
25	4847- 4850	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	49	b5	149v	88	0.562	407	43	281	0.152	401	49	16	A325	1S	98	0.505
25	4851- 4854	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	49	b5	149v	88	0.559	401	43	281	0.153	407	49	16	A325	1S	98	0.502
25	4887- 4890	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	50	b5	149v	88	0.565	410	43	281	0.153	404	50	16	A325	1S	98	0.508
25	4891- 4894	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	50	b5	149v	88	0.564	404	43	281	0.154	410	50	16	A325	1S	98	0.507
25	4927- 4930	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	49	b5	149v	88	0.559	401	43	281	0.153	407	49	16	A325	1S	98	0.502
25	4931- 4934	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	50	b5	149v	88	0.563	407	43	281	0.152	401	50	16	A325	1S	98	0.506
25	5007- 5010	HOR	EA4X4X1/4	250	1	408	15	r5	165x	71	0.216	408	15	281	0.055	408	15	16	A325	1S	49	0.314
25	5011- 5014	HOR	EA4X4X1/4	250	1	412	15	r5	165x	71	0.217	412	15	281	0.055	412	15	16	A325	1S	49	0.316
25	5015- 5018	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	16	r5	165x	71	0.218	402	16	281	0.055	402	16	16	A325	1S	49	0.317
25	5019- 5022	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	16	r5	165x	71	0.218	402	16	281	0.055	402	16	16	A325	1S	49	0.317
25	4948- 5006	PBR	EA4X4X1/4	250	1	402	0	r4	133v	110	0.004	508	0	281	0.002	402	0	16	A325	1S	49	0.010
25	4950- 4951	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	223v	39	0.029	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
25	4955- 4956	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	223v	39	0.029	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.023
25	4958- 4964	PBR	EA4X4X1/4	250	1	412	0	r4	133v	110	0.004	506	0	281	0.002	412	0	16	A325	1S	49	0.010
25	4966- 4967	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	149v	88	0.013	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
25	4971- 4972	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	149v	88	0.013	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
25	4974- 4980	PBR	EA4X4X1/4	250	1	408	0	r4	133v	110	0.004	502	0	281	0.002	408	0	16	A325	1S	49	0.010
25	4982- 4983	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	223v	39	0.030	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
25	4987- 4988	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	223v	39	0.030	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
25	4990- 4996	PBR	EA4X4X1/4	250	1	406	0	r4	133v	110	0.004	512	0	281	0.002	406	0	16	A325	1S	49	0.010
25	4998- 4999	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	149v	88	0.013	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
25	5003- 5004	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	149v	88	0.013	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
25	4815	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	15	r4	188v	40	0.381	406	15	204	0.075	406	15	16	A325	1S	49	0.312
25	4816	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	8	r4	208v	33	0.259	406	8	204	0.041	406	8	16	A325	1S	49	0.173
25	4817	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	8	r4	202v	34	0.239	406	8	204	0.040	406	8	16	A325	1S	49	0.168
25	4818	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	15	r4	188v	40	0.382	406	15	204	0.075	406	15	16	A325	1S	49	0.313
25	4819	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	15	r4	188v	40	0.382	408	15	204	0.075	408	15	16	A325	1S	49	0.313
25	4820	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	8	r4	208v	33	0.260	408	8	204	0.042	408	8	16	A325	1S	49	0.173



25	4821	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	8	r4	202v	34	0.240	408	8	204	0.041	408	8	16	A325	1S	49	0.169	
25	4822	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	15	r4	188v	40	0.384	408	15	204	0.075	408	15	16	A325	1S	49	0.314	
25	4855	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	15	r4	188v	40	0.382	408	15	204	0.075	408	15	16	A325	1S	49	0.313	
25	4856	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	8	r4	208v	33	0.260	408	8	204	0.042	408	8	16	A325	1S	49	0.173	
25	4857	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	8	r4	202v	34	0.240	408	8	204	0.041	408	8	16	A325	1S	49	0.169	
25	4858	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	15	r4	188v	40	0.384	408	15	204	0.075	408	15	16	A325	1S	49	0.314	
25	4859	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	15	r4	188v	40	0.385	412	15	204	0.076	412	15	16	A325	1S	49	0.315	
25	4860	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	208v	33	0.262	412	9	204	0.042	412	9	16	A325	1S	49	0.175	
25	4861	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	8	r4	202v	34	0.241	412	8	204	0.041	412	8	16	A325	1S	49	0.170	
25	4862	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	15	r4	188v	40	0.386	412	15	204	0.076	412	15	16	A325	1S	49	0.316	
25	4895	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	15	r4	188v	40	0.385	412	15	204	0.076	412	15	16	A325	1S	49	0.315	
25	4896	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	208v	33	0.262	412	9	204	0.042	412	9	16	A325	1S	49	0.175	
25	4897	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	8	r4	202v	34	0.241	412	8	204	0.041	412	8	16	A325	1S	49	0.170	
25	4898	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	15	r4	188v	40	0.386	412	15	204	0.076	412	15	16	A325	1S	49	0.316	
25	4899	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	15	r4	188v	40	0.386	402	15	204	0.076	402	15	16	A325	1S	49	0.316	
25	4900	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	208v	33	0.263	402	9	204	0.042	402	9	16	A325	1S	49	0.175	
25	4901	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	8	r4	202v	34	0.242	402	8	204	0.041	402	8	16	A325	1S	49	0.171	
25	4902	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	188v	40	0.388	402	16	204	0.076	402	16	16	A325	1S	49	0.317	
25	4935	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	15	r4	188v	40	0.386	402	15	204	0.076	402	15	16	A325	1S	49	0.316	
25	4936	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	208v	33	0.263	402	9	204	0.042	402	9	16	A325	1S	49	0.175	
25	4937	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	8	r4	202v	34	0.242	402	8	204	0.041	402	8	16	A325	1S	49	0.171	
25	4938	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	188v	40	0.388	402	16	204	0.076	402	16	16	A325	1S	49	0.317	
25	4939	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	15	r4	188v	40	0.381	406	15	204	0.075	406	15	16	A325	1S	49	0.312	
25	4940	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	8	r4	208v	33	0.259	406	8	204	0.041	406	8	16	A325	1S	49	0.173	
25	4941	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	8	r4	202v	34	0.239	406	8	204	0.040	406	8	16	A325	1S	49	0.168	
25	4942	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	15	r4	188v	40	0.382	406	15	204	0.075	406	15	16	A325	1S	49	0.313	
26	5101-	5104	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	406	1515	Leg	29v	1790	0.847	512	1170	1903	0.615	406	1515	19	A325	2S	2257	0.671
26	5141-	5144	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	408	1520	Leg	29v	1790	0.849	502	1174	1903	0.617	408	1520	19	A325	2S	2257	0.674
26	5181-	5184	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	412	1531	Leg	29v	1790	0.855	506	1154	1903	0.607	412	1531	19	A325	2S	2257	0.678
26	5221-	5224	LEG	EA5X1/2-5X1/2	345	16	402	1536	Leg	29v	1790	0.858	508	1159	1903	0.609	402	1536	19	A325	2S	2257	0.680
26	5107-	5110	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	49	b5	153v	83	0.584	404	43	281	0.154	410	49	16	A325	1S	98	0.498
26	5111-	5114	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	49	b5	153v	83	0.585	410	43	281	0.154	404	49	16	A325	1S	98	0.498
26	5147-	5150	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	50	b5	153v	83	0.596	407	44	281	0.156	401	50	16	A325	1S	98	0.507
26	5151-	5154	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	49	b5	153v	83	0.592	401	44	281	0.157	407	49	16	A325	1S	98	0.504
26	5187-	5190	XBR	EA4X4X1/4	250	2	404	50	b5	153v	83	0.596	410	44	281	0.157	404	50	16	A325	1S	98	0.508
26	5191-	5194	XBR	EA4X4X1/4	250	2	410	50	b5	153v	83	0.595	404	44	281	0.157	410	50	16	A325	1S	98	0.507
26	5227-	5230	XBR	EA4X4X1/4	250	2	407	49	b5	153v	83	0.592	401	44	281	0.157	407	49	16	A325	1S	98	0.504
26	5231-	5234	XBR	EA4X4X1/4	250	2	401	50	b5	153v	83	0.596	407	44	281	0.156	401	50	16	A325	1S	98	0.507
26	5307-	5310	HOR	EA4X4X1/4	250	1	408	16	r5	171x	67	0.241	408	16	281	0.057	408	16	16	A325	1S	49	0.328
26	5311-	5314	HOR	EA4X4X1/4	250	1	412	16	r5	171x	67	0.242	412	16	281	0.057	412	16	16	A325	1S	49	0.330
26	5315-	5318	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	16	r5	171x	67	0.243	402	16	281	0.058	402	16	16	A325	1S	49	0.331
26	5319-	5322	HOR	EA4X4X1/4	250	1	402	16	r5	171x	67	0.243	402	16	281	0.058	402	16	16	A325	1S	49	0.331
26	5248-	5306	PBR	EA4X4X1/4	250	1	409	0	r4	139v	101	0.004	504	0	281	0.001	409	0	16	A325	1S	49	0.009
26	5250-	5251	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	233v	36	0.032	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5255-	5256	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	233v	36	0.032	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5258-	5264	PBR	EA4X4X1/4	250	1	405	0	r4	139v	101	0.004	510	0	281	0.001	405	0	16	A325	1S	49	0.009

26	5266- 5267	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	155v	81	0.015	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5271- 5272	PBR	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	155v	81	0.015	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5274- 5280	PBR	EA4X4X1/4	250	1	404	0	r4	139v	101	0.004	509	0	281	0.001	404	0	16	A325	1S	49	0.009
26	5282- 5283	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	233v	36	0.033	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5287- 5288	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	233v	36	0.033	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
26	5290- 5296	PBR	EA4X4X1/4	250	1	410	0	r4	139v	101	0.004	505	0	281	0.001	410	0	16	A325	1S	49	0.009
26	5298- 5299	PBR	EA4X4X1/4	250	1	507	1	r4	155v	81	0.012	507	1	281	0.004	507	1	16	A325	1S	49	0.020
26	5303- 5304	PBR	EA4X4X1/4	250	1	507	1	r4	155v	81	0.012	507	1	281	0.004	507	1	16	A325	1S	49	0.020
26	5115	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	16	r4	195v	37	0.431	406	16	204	0.078	406	16	16	A325	1S	49	0.326
26	5116	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	9	r4	215v	31	0.288	406	9	204	0.043	406	9	16	A325	1S	49	0.179
26	5117	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	9	r4	209v	32	0.265	406	9	204	0.042	406	9	16	A325	1S	49	0.175
26	5118	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	16	r4	195v	37	0.433	406	16	204	0.079	406	16	16	A325	1S	49	0.327
26	5119	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	16	r4	195v	37	0.432	408	16	204	0.078	408	16	16	A325	1S	49	0.327
26	5120	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	9	r4	215v	31	0.289	408	9	204	0.043	408	9	16	A325	1S	49	0.180
26	5121	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	9	r4	209v	32	0.266	408	9	204	0.042	408	9	16	A325	1S	49	0.175
26	5122	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	16	r4	195v	37	0.435	408	16	204	0.079	408	16	16	A325	1S	49	0.328
26	5155	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	16	r4	195v	37	0.432	408	16	204	0.078	408	16	16	A325	1S	49	0.327
26	5156	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	9	r4	215v	31	0.289	408	9	204	0.043	408	9	16	A325	1S	49	0.180
26	5157	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	9	r4	209v	32	0.266	408	9	204	0.042	408	9	16	A325	1S	49	0.175
26	5158	RED	EA3X3X1/4	250	1	408	16	r4	195v	37	0.435	408	16	204	0.079	408	16	16	A325	1S	49	0.328
26	5159	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	16	r4	195v	37	0.436	412	16	204	0.079	412	16	16	A325	1S	49	0.329
26	5160	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	215v	31	0.291	412	9	204	0.044	412	9	16	A325	1S	49	0.181
26	5161	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	209v	32	0.268	412	9	204	0.042	412	9	16	A325	1S	49	0.176
26	5162	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	16	r4	195v	37	0.438	412	16	204	0.079	412	16	16	A325	1S	49	0.331
26	5195	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	16	r4	195v	37	0.436	412	16	204	0.079	412	16	16	A325	1S	49	0.329
26	5196	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	215v	31	0.291	412	9	204	0.044	412	9	16	A325	1S	49	0.181
26	5197	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	9	r4	209v	32	0.268	412	9	204	0.042	412	9	16	A325	1S	49	0.176
26	5198	RED	EA3X3X1/4	250	1	412	16	r4	195v	37	0.438	412	16	204	0.079	412	16	16	A325	1S	49	0.331
26	5199	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	195v	37	0.437	402	16	204	0.079	402	16	16	A325	1S	49	0.330
26	5200	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	215v	31	0.292	402	9	204	0.044	402	9	16	A325	1S	49	0.182
26	5201	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	209v	32	0.269	402	9	204	0.042	402	9	16	A325	1S	49	0.177
26	5202	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	195v	37	0.439	402	16	204	0.080	402	16	16	A325	1S	49	0.332
26	5235	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	195v	37	0.437	402	16	204	0.079	402	16	16	A325	1S	49	0.330
26	5236	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	215v	31	0.292	402	9	204	0.044	402	9	16	A325	1S	49	0.182
26	5237	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	9	r4	209v	32	0.269	402	9	204	0.042	402	9	16	A325	1S	49	0.177
26	5238	RED	EA3X3X1/4	250	1	402	16	r4	195v	37	0.439	402	16	204	0.080	402	16	16	A325	1S	49	0.332
26	5239	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	16	r4	195v	37	0.431	406	16	204	0.078	406	16	16	A325	1S	49	0.326
26	5240	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	9	r4	215v	31	0.288	406	9	204	0.043	406	9	16	A325	1S	49	0.179
26	5241	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	9	r4	209v	32	0.265	406	9	204	0.042	406	9	16	A325	1S	49	0.175
26	5242	RED	EA3X3X1/4	250	1	406	16	r4	195v	37	0.433	406	16	204	0.079	406	16	16	A325	1S	49	0.327
27	5401	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	403	1	r1	102v	44	0.013	403	1	77	0.008	403	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5402	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	409	0	r1	102v	44	0.011	409	0	77	0.006	409	0	16	A325	1S	49	0.010
27	5403	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r1	102v	44	0.012	410	1	77	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.011
27	5404	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	412	0	r1	102v	44	0.011	412	0	77	0.006	412	0	16	A325	1S	49	0.010
27	5405	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	411	1	r1	102v	44	0.016	411	1	77	0.009	411	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5406	RED	EA1.5X1.5X3/16	250	1	406	1	r1	102v	44	0.015	406	1	77	0.009	406	1	16	A325	1S	49	0.014

27	5407	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	403	1	r1	102v	44	0.018	403	1	77	0.010	403	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5408	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	408	1	r1	102v	44	0.017	408	1	77	0.010	408	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5409	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r1	115v	38	0.017	504	1	77	0.008	504	1	16	A325	1S	49	0.013
27	5410	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	511	1	r1	115v	38	0.015	406	1	77	0.008	406	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5411	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	510	1	r1	115v	38	0.017	510	1	77	0.008	510	1	16	A325	1S	49	0.013
27	5412	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	502	1	r1	115v	38	0.016	408	1	77	0.008	408	1	16	A325	1S	49	0.013
27	5413	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r1	115v	38	0.022	410	1	77	0.011	410	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5414	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	403	1	r1	115v	38	0.018	403	1	77	0.009	403	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5415	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r1	115v	38	0.019	504	1	77	0.009	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5416	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	411	1	r1	115v	38	0.018	411	1	77	0.009	411	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5417	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	134v	29	0.036	412	1	77	0.014	412	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5418	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	512	1	r4	134v	29	0.034	406	1	77	0.014	406	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5419	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	508	1	r4	134v	29	0.034	402	1	77	0.014	402	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5420	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	502	1	r4	134v	29	0.035	408	1	77	0.014	408	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5421	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	411	1	r4	134v	29	0.042	411	1	77	0.016	411	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5422	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	406	1	r4	134v	29	0.038	406	1	77	0.015	406	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5423	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	134v	29	0.039	404	1	77	0.015	404	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5424	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	409	1	r4	134v	29	0.037	409	1	77	0.014	409	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5425	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r4	161v	20	0.039	412	1	77	0.011	412	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5426	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	512	1	r4	161v	20	0.039	406	1	77	0.011	406	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5427	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	508	1	r4	161v	20	0.040	402	1	77	0.011	402	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5428	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	502	1	r4	161v	20	0.040	408	1	77	0.011	408	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5429	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	161v	20	0.047	410	1	77	0.013	410	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5430	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	403	1	r4	161v	20	0.042	403	1	77	0.011	403	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5431	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r4	161v	20	0.043	504	1	77	0.012	504	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5432	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	411	1	r4	161v	20	0.041	411	1	77	0.011	411	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5433	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	188v	15	0.051	404	1	77	0.010	404	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5434	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	412	1	r4	188v	15	0.048	506	1	77	0.009	412	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5435	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	188v	15	0.049	410	1	77	0.010	410	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5436	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	402	1	r4	188v	15	0.048	508	1	77	0.009	402	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5437	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	188v	15	0.059	410	1	77	0.012	410	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5438	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	405	1	r4	188v	15	0.051	405	1	77	0.010	405	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5439	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	188v	15	0.056	404	1	77	0.011	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5440	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	188v	15	0.052	410	1	77	0.010	410	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5441	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r4	214v	12	0.058	504	1	77	0.009	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5442	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	511	1	r4	214v	12	0.052	511	1	77	0.008	511	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5443	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	510	1	r4	214v	12	0.058	510	1	77	0.009	510	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5444	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	503	1	r4	214v	12	0.052	503	1	77	0.008	503	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5445	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	214v	12	0.072	410	1	77	0.011	410	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5446	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	214v	12	0.065	404	1	77	0.010	404	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5447	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	214v	12	0.066	404	1	77	0.010	404	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5448	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	214v	12	0.064	410	1	77	0.010	410	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5449	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r4	241v	9	0.073	504	1	77	0.009	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5450	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	510	1	r4	241v	9	0.065	510	1	77	0.008	510	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5451	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	510	1	r4	241v	9	0.072	510	1	77	0.009	510	1	16	A325	1S	49	0.013
27	5452	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	504	1	r4	241v	9	0.064	504	1	77	0.008	504	1	16	A325	1S	49	0.012
27	5453	RED	EAL.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	241v	9	0.097	410	1	77	0.012	410	1	16	A325	1S	49	0.018

27	5454	RED EA1.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	241v	9	0.089	404	1	77	0.011	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5455	RED EA1.5X1.5X3/16	250	1	404	1	r4	241v	9	0.092	404	1	77	0.011	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5456	RED EA1.5X1.5X3/16	250	1	410	1	r4	241v	9	0.090	410	1	77	0.011	410	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5457	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	198v	18	0.040	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5458	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	198v	18	0.037	510	1	101	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.013
27	5459	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	198v	18	0.040	510	1	101	0.007	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5460	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	198v	18	0.037	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5461	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	198v	18	0.048	410	1	101	0.009	410	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5462	RED EA2X2X3/16	250	1	404	1	r4	198v	18	0.045	404	1	101	0.008	404	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5463	RED EA2X2X3/16	250	1	404	1	r4	198v	18	0.045	404	1	101	0.008	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5464	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	198v	18	0.045	410	1	101	0.008	410	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5465	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	218v	15	0.049	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5466	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	218v	15	0.045	510	1	101	0.007	510	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5467	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	218v	15	0.049	510	1	101	0.007	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5468	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	218v	15	0.045	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5469	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	218v	15	0.060	410	1	101	0.009	410	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5470	RED EA2X2X3/16	250	1	404	1	r4	218v	15	0.056	404	1	101	0.008	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5471	RED EA2X2X3/16	250	1	404	1	r4	218v	15	0.057	404	1	101	0.008	404	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5472	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	218v	15	0.057	410	1	101	0.008	410	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5473	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	237v	12	0.058	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5474	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	237v	12	0.055	510	1	101	0.007	510	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5475	RED EA2X2X3/16	250	1	510	1	r4	237v	12	0.058	510	1	101	0.007	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5476	RED EA2X2X3/16	250	1	504	1	r4	237v	12	0.055	504	1	101	0.007	504	1	16	A325	1S	49	0.014
27	5477	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	237v	12	0.073	410	1	101	0.009	410	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5478	RED EA2X2X3/16	250	1	404	1	r4	237v	12	0.070	404	1	101	0.009	404	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5479	RED EA2X2X3/16	250	1	401	1	r4	237v	12	0.069	401	1	101	0.008	401	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5480	RED EA2X2X3/16	250	1	410	1	r4	237v	12	0.070	410	1	101	0.009	410	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5481	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	206v	21	0.036	504	1	131	0.006	504	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5482	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	206v	21	0.033	510	1	131	0.005	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5483	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	206v	21	0.035	510	1	131	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5484	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	206v	21	0.033	504	1	131	0.005	504	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5485	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	206v	21	0.045	410	1	131	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5486	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	404	1	r4	206v	21	0.042	404	1	131	0.007	404	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5487	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	401	1	r4	206v	21	0.042	401	1	131	0.007	401	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5488	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	206v	21	0.043	410	1	131	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5489	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	221v	18	0.042	504	1	131	0.006	504	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5490	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	221v	18	0.040	510	1	131	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5491	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	221v	18	0.042	510	1	131	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5492	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	221v	18	0.040	504	1	131	0.006	504	1	16	A325	1S	49	0.015
27	5493	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	221v	18	0.053	410	1	131	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5494	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	404	1	r4	221v	18	0.051	404	1	131	0.007	404	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5495	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	401	1	r4	221v	18	0.050	401	1	131	0.007	401	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5496	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	221v	18	0.051	410	1	131	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5497	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	237v	16	0.051	504	1	131	0.006	504	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5498	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	237v	16	0.049	510	1	131	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.016
27	5499	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	510	1	r4	237v	16	0.051	510	1	131	0.006	510	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5500	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	504	1	r4	237v	16	0.049	504	1	131	0.006	504	1	16	A325	1S	49	0.016

27	5501	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	237v	16	0.062	410	1	131	0.008	410	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5502	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	404	1	r4	237v	16	0.060	404	1	131	0.007	404	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5503	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	401	1	r4	237v	16	0.061	401	1	131	0.008	401	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5504	RED EA2.5X2.5X3/16	250	1	410	1	r4	237v	16	0.060	410	1	131	0.007	410	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5505	RED EA3X3X1/4	250	1	504	1	r4	210v	32	0.027	504	1	204	0.004	504	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5506	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	210v	32	0.026	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5507	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	210v	32	0.027	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5508	RED EA3X3X1/4	250	1	501	1	r4	210v	32	0.026	501	1	204	0.004	501	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5509	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	210v	32	0.033	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5510	RED EA3X3X1/4	250	1	404	1	r4	210v	32	0.032	404	1	204	0.005	404	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5511	RED EA3X3X1/4	250	1	401	1	r4	210v	32	0.032	401	1	204	0.005	401	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5512	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	210v	32	0.032	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5513	RED EA3X3X1/4	250	1	504	1	r4	222v	29	0.030	504	1	204	0.004	504	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5514	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	222v	29	0.029	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5515	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	222v	29	0.030	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5516	RED EA3X3X1/4	250	1	501	1	r4	222v	29	0.028	501	1	204	0.004	501	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5517	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	222v	29	0.037	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5518	RED EA3X3X1/4	250	1	407	1	r4	222v	29	0.036	407	1	204	0.005	407	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5519	RED EA3X3X1/4	250	1	401	1	r4	222v	29	0.036	401	1	204	0.005	401	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5520	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	222v	29	0.036	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5521	RED EA3X3X1/4	250	1	504	1	r4	233v	26	0.034	504	1	204	0.004	504	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5522	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	233v	26	0.033	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5523	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	233v	26	0.034	510	1	204	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.018
27	5524	RED EA3X3X1/4	250	1	501	1	r4	233v	26	0.033	501	1	204	0.004	501	1	16	A325	1S	49	0.017
27	5525	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	233v	26	0.042	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5526	RED EA3X3X1/4	250	1	404	1	r4	233v	26	0.041	404	1	204	0.005	404	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5527	RED EA3X3X1/4	250	1	401	1	r4	233v	26	0.041	401	1	204	0.005	401	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5528	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	233v	26	0.041	410	1	204	0.005	410	1	16	A325	1S	49	0.022
27	5529	RED EA3X3X1/4	250	1	504	1	r4	244v	24	0.039	504	1	204	0.005	504	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5530	RED EA3X3X1/4	250	1	412	1	r4	244v	24	0.038	510	1	204	0.004	412	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5531	RED EA3X3X1/4	250	1	510	1	r4	244v	24	0.039	510	1	204	0.005	510	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5532	RED EA3X3X1/4	250	1	402	1	r4	244v	24	0.038	501	1	204	0.004	402	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5533	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	244v	24	0.049	410	1	204	0.006	410	1	16	A325	1S	49	0.024
27	5534	RED EA3X3X1/4	250	1	407	1	r4	244v	24	0.048	407	1	204	0.006	407	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5535	RED EA3X3X1/4	250	1	401	1	r4	244v	24	0.048	401	1	204	0.006	401	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5536	RED EA3X3X1/4	250	1	410	1	r4	244v	24	0.048	410	1	204	0.006	410	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5537	RED EA4X4X1/4	250	1	504	1	r4	192v	53	0.018	504	1	281	0.003	504	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5538	RED EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	192v	53	0.018	510	1	281	0.003	510	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5539	RED EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	192v	53	0.018	510	1	281	0.003	510	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5540	RED EA4X4X1/4	250	1	501	1	r4	192v	53	0.018	501	1	281	0.003	501	1	16	A325	1S	49	0.019
27	5541	RED EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	192v	53	0.023	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5542	RED EA4X4X1/4	250	1	407	1	r4	192v	53	0.021	407	1	281	0.004	407	1	16	A325	1S	49	0.023
27	5543	RED EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	192v	53	0.022	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.024
27	5544	RED EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	192v	53	0.022	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.024
27	5545	RED EA4X4X1/4	250	1	504	1	r4	200v	49	0.021	504	1	281	0.004	504	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5546	RED EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	200v	49	0.020	510	1	281	0.003	510	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5547	RED EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	200v	49	0.021	510	1	281	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.021

27	5548	RED	EA4X4X1/4	250	1	501	1	r4	200v	49	0.020	501	1	281	0.003	501	1	16	A325	1S	49	0.020
27	5549	RED	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	200v	49	0.025	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5550	RED	EA4X4X1/4	250	1	407	1	r4	200v	49	0.025	407	1	281	0.004	407	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5551	RED	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	200v	49	0.025	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5552	RED	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	200v	49	0.025	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5553	RED	EA4X4X1/4	250	1	504	1	r4	208v	45	0.023	504	1	281	0.004	504	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5554	RED	EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	208v	45	0.023	510	1	281	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5555	RED	EA4X4X1/4	250	1	510	1	r4	208v	45	0.023	510	1	281	0.004	510	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5556	RED	EA4X4X1/4	250	1	501	1	r4	208v	45	0.022	501	1	281	0.004	501	1	16	A325	1S	49	0.021
27	5557	RED	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	208v	45	0.028	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5558	RED	EA4X4X1/4	250	1	407	1	r4	208v	45	0.026	407	1	281	0.004	407	1	16	A325	1S	49	0.024
27	5559	RED	EA4X4X1/4	250	1	401	1	r4	208v	45	0.028	401	1	281	0.004	401	1	16	A325	1S	49	0.025
27	5560	RED	EA4X4X1/4	250	1	410	1	r4	208v	45	0.027	410	1	281	0.004	410	1	16	A325	1S	49	0.025
28	5601- 5603	RED	EA3X3X1/4	250	1	501	0	r4	143v	69	0.004	407	0	204	0.001	501	0	16	A325	1S	49	0.005
28	5604	RED	EA3X3X1/4	250	1	504	0	r4	165v	52	0.001	410	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5605	RED	EA3X3X1/4	250	1	510	0	r4	165v	52	0.001	404	0	204	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5606- 5608	RED	EA3X3X1/4	250	1	507	0	r4	143v	69	0.004	401	0	204	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.005
28	5609- 5611	RED	EA3X3X1/4	250	1	501	0	r4	157v	57	0.004	407	0	204	0.001	407	0	16	A325	1S	49	0.005
28	5612	RED	EA3X3X1/4	250	1	504	0	r4	186v	41	0.001	410	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5613	RED	EA3X3X1/4	250	1	510	0	r4	186v	41	0.001	404	0	204	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5614- 5616	RED	EA3X3X1/4	250	1	507	0	r4	157v	57	0.004	401	0	204	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.006
28	5617- 5619	RED	EA3X3X1/4	250	1	501	0	r4	171v	48	0.005	407	0	204	0.001	501	0	16	A325	1S	49	0.005
28	5620	RED	EA3X3X1/4	250	1	504	0	r4	207v	33	0.001	410	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5621	RED	EA3X3X1/4	250	1	510	0	r4	207v	33	0.001	404	0	204	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5622- 5624	RED	EA3X3X1/4	250	1	507	0	r4	171v	48	0.005	401	0	204	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.005
28	5625- 5627	RED	EA3X3X1/4	250	1	501	0	r4	185v	41	0.007	407	0	204	0.001	501	0	16	A325	1S	49	0.006
28	5628	RED	EA3X3X1/4	250	1	504	0	r4	227v	27	0.001	410	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5629	RED	EA3X3X1/4	250	1	410	0	r4	227v	27	0.001	504	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5630- 5632	RED	EA3X3X1/4	250	1	507	0	r4	185v	41	0.007	401	0	204	0.002	401	0	16	A325	1S	49	0.006
28	5633- 5635	RED	EA3X3X1/4	250	1	501	0	r4	198v	36	0.009	407	0	204	0.002	501	0	16	A325	1S	49	0.006
28	5636	RED	EA3X3X1/4	250	1	504	0	r4	248v	23	0.001	410	0	204	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5637	RED	EA3X3X1/4	250	1	510	0	r4	248v	23	0.001	404	0	204	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5638- 5640	RED	EA3X3X1/4	250	1	507	0	r4	198v	36	0.008	401	0	204	0.002	401	0	16	A325	1S	49	0.007
28	5641- 5643	RED	EA4X4X1/4	250	1	501	0	r4	160v	76	0.005	407	0	281	0.001	501	0	16	A325	1S	49	0.007
28	5644	RED	EA4X4X1/4	250	1	504	0	r4	202v	48	0.000	410	0	281	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5645	RED	EA4X4X1/4	250	1	510	0	r4	202v	48	0.000	404	0	281	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5646- 5648	RED	EA4X4X1/4	250	1	507	0	r4	160v	76	0.004	501	0	281	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.007
28	5649- 5651	RED	EA4X4X1/4	250	1	401	0	r4	170v	67	0.005	507	0	281	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.007
28	5652	RED	EA4X4X1/4	250	1	504	0	r4	217v	41	0.000	410	0	281	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5653	RED	EA4X4X1/4	250	1	510	0	r4	217v	41	0.000	404	0	281	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.000
28	5654- 5656	RED	EA4X4X1/4	250	1	407	0	r4	170v	67	0.005	501	0	281	0.001	501	0	16	A325	1S	49	0.007
28	5657- 5659	RED	CH4X2	345	1	401	0	na2	189y	53	0.008	507	0	375	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.009
28	5660	RED	EA4X4X1/4	250	1	504	0	r4	157v	79	0.001	410	0	281	0.000	410	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5661	RED	EA4X4X1/4	250	1	510	0	r4	157v	79	0.001	404	0	281	0.000	404	0	16	A325	1S	49	0.001
28	5662- 5664	RED	CH4X2	345	1	407	0	na2	189y	53	0.008	501	0	375	0.001	407	0	16	A325	1S	49	0.009
28	5665- 5667	RED	CH4X2	345	1	401	0	na2	205y	45	0.009	507	0	375	0.001	401	0	16	A325	1S	49	0.008

28	5668	RED EA4X4X1/4	250	1	504	0 r4	168v	69 0.001	410	0	281 0.000	410	0	16 A325	1S	49 0.001
28	5669	RED EA4X4X1/4	250	1	510	0 r4	168v	69 0.001	404	0	281 0.000	404	0	16 A325	1S	49 0.001
28	5670- 5672	RED CH4X2	345	1	407	0 na2	205y	45 0.009	501	0	375 0.001	407	0	16 A325	1S	49 0.008
28	5673- 5675	RED CH4X2	345	1	401	0 na2	220y	39 0.009	507	0	375 0.001	401	0	16 A325	1S	49 0.008
28	5676	RED EA4X4X1/4	250	1	504	0 r4	177v	62 0.001	410	0	281 0.000	410	0	16 A325	1S	49 0.001
28	5677	RED EA4X4X1/4	250	1	510	0 r4	177v	62 0.001	404	0	281 0.000	404	0	16 A325	1S	49 0.001
28	5678- 5680	RED CH4X2	345	1	407	0 na2	220y	39 0.009	501	0	375 0.001	407	0	16 A325	1S	49 0.008
28	5681- 5683	RED CH5X3	345	1	401	0 na2	172x	89 0.004	507	0	526 0.001	401	0	16 A325	1S	49 0.007
28	5684	RED EA4X4X1/4	250	1	504	0 r4	186v	56 0.002	410	0	281 0.000	410	0	16 A325	1S	49 0.002
28	5685	RED EA4X4X1/4	250	1	510	0 r4	186v	56 0.002	404	0	281 0.000	404	0	16 A325	1S	49 0.002

### 1.1. RESUMEN DE MASAS

#### Mass Summary

Sect	Size	fy	L (m)	M (kg)
84	CH6X3	Y 345	20.59	300.59
85	CH5X3	Y 345	74.24	986.68
86	CH4X2	Y 345	46.84	444.51
254	EA2.5X2.5X1/4	Y 345	24.00	141.30
314	EA3X3X1/4	Y 345	24.00	170.77
414	EA4X4X1/4	Y 345	24.05	236.00
438	EA4X4X3/8	Y 345	24.05	343.95
1254	EA2.5X2.5X1/4	Y 250	877.31	5165.16
1314	EA3X3X1/4	Y 250	1259.12	8959.33
1414	EA4X4X1/4	Y 250	1406.55	13801.73
1516	EA1.5X1.5X3/16	Y 250	154.39	412.08
2316	EA2X2X3/16	Y 250	668.40	2361.12
2438	EA4X3/8-4X3/8	Y 345	144.31	4180.11
2512	EA5X1/2-5X1/2	Y 345	60.13	2892.94
2516	EA2.5X2.5X3/16	Y 250	349.45	1591.04
2538	EA5X3/8-5X3/8	Y 345	180.39	6594.44
				-----
				48581.75

## 1.2. REACCIONES EN LA BASE DE LA TORRE

### 1.2.1. REACCIONES - CARGAS MAYORADAS (Fuerzas en KN, Momentos en KN-m)

#### SUPPORT REACTIONS (Applied to tower)

Case	Node	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	
401	3205	66.315	-29.084	-669.514	-0.920	1.209	-0.465	
	3215	66.641	29.113	-676.971	0.946	1.198	0.466	
	3235	96.039	-56.819	1096.272	-1.464	0.607	0.225	
	3255	96.390	56.877	1103.832	1.489	0.597	-0.226	
Resultant		325.385	0.086	853.619	-90.041	21283.145	-0.017	at centroid
402	3205	6.951	49.923	352.633	-1.159	2.057	-0.665	
	3215	79.254	80.992	-1139.106	-0.052	0.026	0.101	
	3235	36.730	22.261	74.092	-1.707	1.458	0.425	
	3255	108.948	108.828	1566.000	0.488	-0.578	0.140	
Resultant		231.884	262.004	853.619-17904.311	14562.351	-1.560	at centroid	
403	3205	-17.173	70.934	667.318	-1.047	2.000	-0.638	
	3215	67.891	84.192	-1086.528	-0.440	-0.386	-0.036	
	3235	12.662	43.327	-240.593	-1.597	1.404	0.399	
	3255	97.530	112.085	1513.422	0.097	-0.993	0.277	
Resultant		160.909	310.538	853.619-21050.152	10154.252	-2.888	at centroid	
404	3205	-60.993	97.883	1155.126	-0.565	1.561	-0.487	
	3215	32.361	71.442	-755.665	-1.071	-1.005	-0.248	
	3235	-30.478	70.947	-728.384	-1.150	0.998	0.252	
	3255	61.320	100.005	1182.542	-0.568	-1.646	0.493	
Resultant		2.211	340.278	853.619-22933.658	328.084	-19.101	at centroid	
405	3205	-96.200	109.581	1472.566	0.070	0.907	-0.273	
	3215	-12.411	42.767	-240.318	-1.569	-1.389	-0.397	
	3235	-65.665	82.646	-1045.789	-0.514	0.346	0.038	
	3255	16.529	71.331	667.160	-1.066	-2.030	0.642	
Resultant		-157.747	306.325	853.619-20558.072	-9667.426	-19.340	at centroid	
406	3205	-108.644	107.343	1545.448	0.488	0.515	-0.137	
	3215	-38.755	19.601	118.842	-1.739	-1.392	-0.424	
	3235	-78.143	80.363	-1118.650	-0.095	-0.048	-0.099	
	3255	-9.782	48.121	307.979	-1.234	-2.032	0.669	
Resultant		-235.324	255.428	853.619-17121.988-14852.722	-18.403	at centroid		
407	3205	-93.905	54.816	1054.923	1.408	-0.653	0.225	
	3215	-94.168	-54.797	1060.830	-1.431	-0.644	-0.226	
	3235	-64.162	27.046	-628.062	0.865	-1.254	-0.465	
	3255	-64.438	-27.068	-634.072	-0.887	-1.246	0.466	
Resultant		-316.673	-0.003	853.619	71.467-20271.119	0.160	at centroid	
408	3205	-38.615	-19.527	117.534	1.730	-1.390	0.423	
	3215	-108.763	-107.435	1550.481	-0.502	0.528	0.137	
	3235	-9.609	-48.052	309.360	1.225	-2.029	-0.668	
	3255	-78.296	-80.461	-1123.756	0.081	-0.037	0.099	
Resultant		-235.284	-255.475	853.619	17198.916-14897.394	18.062	at centroid	
409	3205	-12.353	-42.571	-237.750	1.568	-1.376	0.396	
	3215	-96.277	-109.770	1478.534	-0.083	0.926	0.274	
	3235	16.610	-71.139	664.644	1.065	-2.017	-0.641	
	3255	-65.766	-82.839	-1051.809	0.501	0.363	-0.038	
Resultant		-157.786	-306.319	853.619	20599.473	-9769.802	19.104	at centroid
410	3205	32.368	-71.198	-750.840	1.077	-0.986	0.247	
	3215	-61.021	-98.134	1161.276	0.555	1.582	0.488	
	3235	61.353	-99.736	1177.717	0.573	-1.626	-0.492	
	3255	-30.532	-71.172	-734.534	1.138	1.019	-0.252	
Resultant		2.167	-340.240	853.619	22949.545	196.474	18.478	at centroid
411	3205	67.874	-84.001	-1082.123	0.446	-0.371	0.035	
	3215	-17.199	-71.155	672.027	1.040	2.016	0.639	
	3235	97.518	-111.861	1508.965	-0.092	-0.977	-0.276	



	3255	12.631	-43.516	-245.250	1.590	1.420	-0.399
Resultant	160.824	-310.533	853.619	21053.174	10044.955		2.436 at centroid
412	3205	79.203	-80.832	-1134.665	0.060	0.040	-0.101
	3215	6.933	-50.117	355.987	1.156	2.069	0.666
	3235	108.882	-108.646	1561.486	-0.480	-0.565	-0.140
	3255	36.728	-22.432	70.811	1.703	1.470	-0.426
Resultant	231.745	-262.027	853.619	17890.398	14468.865		1.468 at centroid
501	3205	70.030	-32.544	-722.657	-0.987	1.135	-0.435
	3215	70.359	32.573	-730.182	1.014	1.123	0.436
	3235	92.320	-53.342	1042.713	-1.396	0.683	0.255
	3255	92.675	53.399	1050.340	1.421	0.673	-0.256
Resultant	325.385	0.086	640.214	-90.857	21278.967		-0.017 at centroid
502	3205	10.666	46.463	299.490	-1.226	1.983	-0.635
	3215	82.973	84.451	-1192.317	0.016	-0.049	0.071
	3235	33.012	25.739	20.533	-1.638	1.534	0.455
	3255	105.233	105.351	1512.509	0.420	-0.503	0.110
Resultant	231.884	262.004	640.214	-17905.127	14558.174		-1.560 at centroid
503	3205	-13.458	67.474	614.175	-1.114	1.925	-0.608
	3215	71.610	87.652	-1139.739	-0.372	-0.461	-0.066
	3235	8.943	46.805	-294.153	-1.529	1.479	0.429
	3255	93.814	108.607	1459.930	0.029	-0.917	0.247
Resultant	160.909	310.538	640.214	-21050.969	10150.074		-2.888 at centroid
504	3205	-57.278	94.423	1101.983	-0.633	1.486	-0.457
	3215	36.080	74.901	-808.876	-1.004	-1.079	-0.278
	3235	-34.197	74.425	-781.944	-1.081	1.074	0.282
	3255	57.605	96.528	1129.051	-0.637	-1.570	0.463
Resultant	2.211	340.278	640.214	-22934.475	323.907		-19.101 at centroid
505	3205	-92.484	106.121	1419.423	0.003	0.833	-0.243
	3215	-8.692	46.226	-293.529	-1.501	-1.463	-0.427
	3235	-69.384	86.124	-1099.348	-0.446	0.422	0.068
	3255	12.813	67.853	613.669	-1.134	-1.954	0.612
Resultant	-157.747	306.325	640.214	-20558.893	-9671.604		-19.340 at centroid
506	3205	-104.929	103.883	1492.305	0.420	0.440	-0.107
	3215	-35.036	23.060	65.631	-1.671	-1.467	-0.454
	3235	-81.862	83.841	-1172.209	-0.026	0.028	-0.069
	3255	-13.498	44.643	254.488	-1.302	-1.956	0.639
Resultant	-235.324	255.428	640.214	-17122.807	-14856.898		-18.403 at centroid
507	3205	-90.190	51.356	1001.780	1.340	-0.727	0.255
	3215	-90.449	-51.337	1007.619	-1.363	-0.719	-0.256
	3235	-67.880	30.524	-681.621	0.934	-1.178	-0.435
	3255	-68.153	-30.546	-687.564	-0.955	-1.170	0.436
Resultant	-316.673	-0.003	640.214	70.651	-20275.297		0.160 at centroid
508	3205	-34.900	-22.987	64.391	1.663	-1.465	0.453
	3215	-105.045	-103.976	1497.270	-0.434	0.453	0.107
	3235	-13.328	-44.574	255.801	1.294	-1.953	-0.638
	3255	-82.011	-83.939	-1177.247	0.012	0.039	0.069
Resultant	-235.284	-255.475	640.215	17198.100	-14901.571		18.062 at centroid
509	3205	-8.638	-46.030	-290.893	1.501	-1.451	0.426
	3215	-92.558	-106.310	1425.323	-0.015	0.851	0.244
	3235	12.891	-67.661	611.084	1.134	-1.941	-0.611
	3255	-69.481	-86.317	-1105.300	0.433	0.439	-0.068
Resultant	-157.786	-306.319	640.214	20598.656	-9773.979		19.104 at centroid
510	3205	36.084	-74.657	-803.983	1.010	-1.061	0.277
	3215	-57.303	-94.674	1108.065	0.623	1.508	0.458
	3235	57.634	-96.258	1124.158	0.641	-1.550	-0.462
	3255	-34.248	-74.650	-788.025	1.070	1.094	-0.282
Resultant	2.167	-340.240	640.214	22948.729	192.297		18.478 at centroid
511	3205	71.589	-87.461	-1135.266	0.379	-0.445	0.065
	3215	-13.480	-67.695	618.816	1.108	1.942	0.609

	3235	93.799	-108.383	1455.406	-0.024	-0.901	-0.246
	3255	8.915	-46.994	-298.741	1.522	1.495	-0.430
Resultant		160.824	-310.533	640.214	21052.357	10040.778	2.436 at centroid
512	3205	82.918	-84.291	-1187.808	-0.007	-0.035	-0.071
	3215	10.652	-46.658	302.776	1.224	1.994	0.636
	3235	105.163	-105.168	1507.927	-0.412	-0.489	-0.109
	3255	33.013	-25.910	17.320	1.635	1.546	-0.456
Resultant		231.746	-262.027	640.214	17889.584	14464.688	1.468 at centroid

## 1.2.2. REACCIONES - CARGAS DE SERVICIO (Fuerzas en KN, Momentos en KN-m)

### SUPPORT REACTIONS (Applied to tower)

Case	Node	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1001	3205	38.351	-15.295	-374.161	-0.518	0.818	-0.316
	3215	38.551	15.313	-378.764	0.535	0.811	0.316
	3235	63.123	-38.410	729.803	-0.972	0.316	0.116
	3255	63.340	38.446	734.471	0.987	0.310	-0.116
Resultant		203.365	0.054	711.349	-55.595	13305.445	-0.011 at centroid
1002	3205	1.248	34.085	264.682	-0.668	1.348	-0.441
	3215	46.435	47.737	-667.599	-0.089	0.078	0.088
	3235	26.056	11.015	90.940	-1.124	0.848	0.241
	3255	71.189	70.916	1023.326	0.362	-0.425	0.113
Resultant		144.927	163.752	711.349-11189.514	9104.950		-0.975 at centroid
1003	3205	-13.829	47.217	461.360	-0.598	1.312	-0.424
	3215	39.333	49.737	-634.737	-0.331	-0.179	0.003
	3235	11.013	24.181	-105.738	-1.055	0.814	0.224
	3255	64.052	72.951	990.465	0.117	-0.684	0.198
Resultant		100.568	194.086	711.349-13155.665	6349.888		-1.805 at centroid
1004	3205	-41.217	64.060	766.240	-0.297	1.037	-0.329
	3215	17.127	41.768	-427.948	-0.726	-0.566	-0.130
	3235	-15.950	41.444	-410.607	-0.775	0.561	0.132
	3255	41.421	65.402	783.665	-0.299	-1.092	0.333
Resultant		1.382	212.673	711.349-14332.856	208.534		-11.938 at centroid
1005	3205	-63.221	71.371	964.639	0.100	0.629	-0.196
	3215	-10.856	23.846	-105.856	-1.037	-0.806	-0.223
	3235	-37.942	48.756	-608.985	-0.378	0.153	-0.001
	3255	13.427	47.480	461.551	-0.609	-1.332	0.426
Resultant		-98.592	191.453	711.349-12848.117	-6038.660		-12.088 at centroid
1006	3205	-70.999	69.972	1010.191	0.361	0.384	-0.110
	3215	-27.321	9.368	118.619	-1.143	-0.808	-0.240
	3235	-45.740	47.329	-654.523	-0.116	-0.093	-0.087
	3255	-3.018	32.974	237.063	-0.715	-1.333	0.443
Resultant		-147.078	159.642	711.349-10700.563	-9279.469		-11.502 at centroid
1007	3205	-61.787	37.143	703.613	0.936	-0.346	0.116
	3215	-61.954	-37.131	707.362	-0.951	-0.340	-0.116
	3235	-37.002	14.006	-347.906	0.484	-0.847	-0.316
	3255	-37.178	-14.019	-351.719	-0.497	-0.842	0.316
Resultant		-197.921	-0.002	711.349	45.347-12665.969		0.100 at centroid
1008	3205	-27.231	-9.321	117.745	1.138	-0.807	0.239
	3215	-71.076	-70.030	1013.393	-0.370	0.392	0.110
	3235	-2.907	-32.930	237.983	0.709	-1.331	-0.442
	3255	-45.839	-47.390	-657.771	0.107	-0.086	0.087
Resultant		-147.052	-159.672	711.349	10750.003	-9307.390	11.289 at centroid
1009	3205	-10.817	-23.724	-104.308	1.036	-0.798	0.222
	3215	-63.272	-71.489	968.426	-0.109	0.641	0.196
	3235	13.480	-47.360	460.035	0.609	-1.324	-0.425
	3255	-38.007	-48.876	-612.804	0.370	0.164	0.001
Resultant		-98.616	-191.449	711.349	12875.350	-6102.645	11.940 at centroid
1010	3205	17.134	-41.616	-424.989	0.730	-0.554	0.129
	3215	-41.237	-64.217	770.140	0.290	1.051	0.330

	3235	41.444	-65.233	780.706	0.301	-1.079	-0.332	
	3255	-15.986	-41.585	-414.508	0.768	0.573	-0.133	
Resultant		1.355	-212.650	711.349	14344.146	126.277	11.549	at centroid
1011	3205	39.325	-49.618	-632.041	0.335	-0.170	-0.003	
	3215	-13.848	-47.355	464.359	0.594	1.322	0.424	
	3235	64.048	-72.811	987.736	-0.114	-0.674	-0.198	
	3255	10.990	-24.299	-108.705	1.050	0.824	-0.225	
Resultant		100.515	-194.083	711.349	13158.913	6281.578	1.522	at centroid
1012	3205	46.406	-47.637	-664.880	0.094	0.087	-0.088	
	3215	1.234	-34.206	266.834	0.666	1.355	0.441	
	3235	71.150	-70.802	1020.562	-0.357	-0.416	-0.112	
	3255	26.051	-11.122	88.833	1.121	0.856	-0.241	
Resultant		144.841	-163.767	711.349	11182.181	9046.522	0.918	at centroid

### 1.3. DESPLAZAMIENTOS (metros) Y TORSIONES (radianes)

```

NODE DISPLACEMENTS - Node: 1 Restraint Code: 000000
Case  trans-x  trans-y  trans-z  rot-x  rot-y  rot-z
1001  -0.7591  -0.0164  0.0043  0.0009  -0.0142  -0.0001
1002  -0.5007  -0.6714  -0.0199  0.0195  -0.0097  0.0001
1003  -0.3533  -0.7811  -0.0180  0.0156  -0.0070  0.0002
1004  -0.0249  -0.8434  -0.0252  0.0167  -0.0010  0.0010
1005  0.3153  -0.7521  -0.0297  0.0148  0.0055  0.0009
1006  0.5079  -0.6239  -0.0310  0.0122  0.0094  0.0005
1007  0.7060  0.0128  -0.0229  -0.0007  0.0135  -0.0001
1008  0.5150  0.6366  -0.0066  -0.0128  0.0099  -0.0010
1009  0.3921  0.7559  -0.0009  -0.0151  0.0065  -0.0010
1010  -0.0026  0.8460  0.0069  -0.0168  0.0009  -0.0009
1011  -0.3942  0.7809  0.0119  -0.0155  -0.0060  -0.0001
1012  -0.4851  0.6676  0.0125  -0.0192  -0.0089  -0.0000
    
```

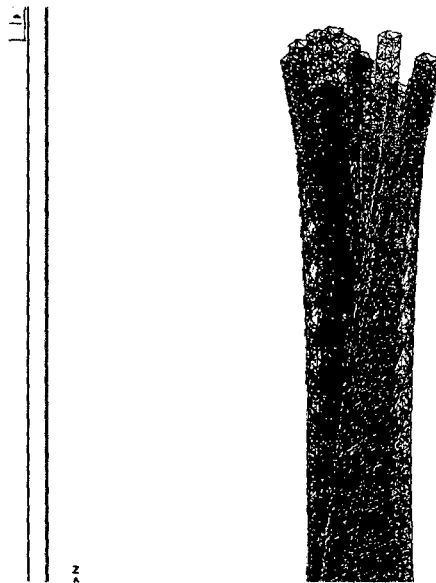


Figura N° A.7.- Vista de desplazamientos y rotaciones

## ANEXO B: FOTOS

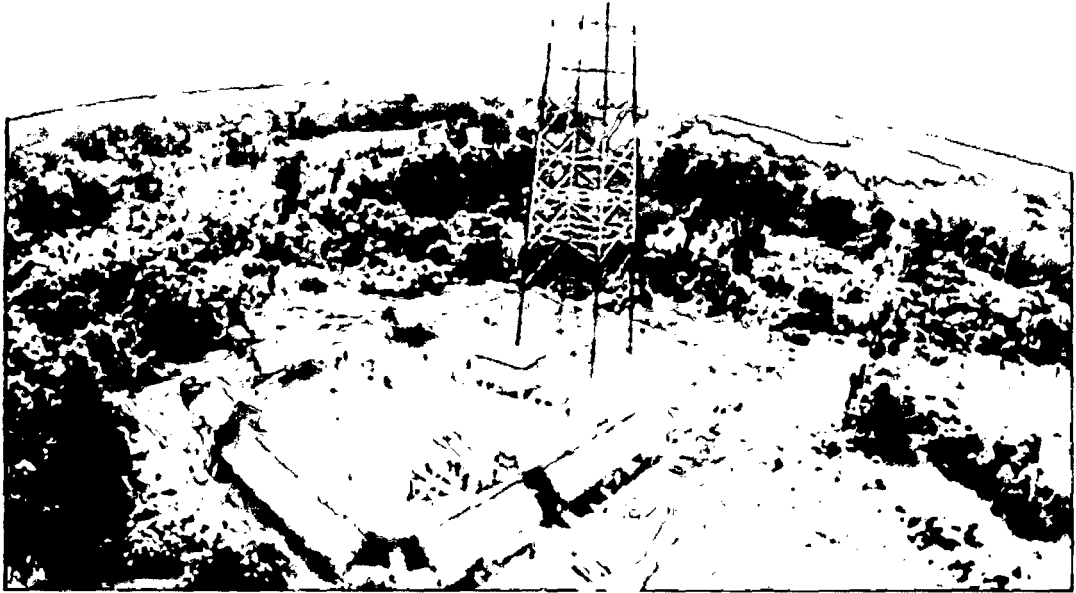


Figura N° B.1.- Vista panorámica del site.

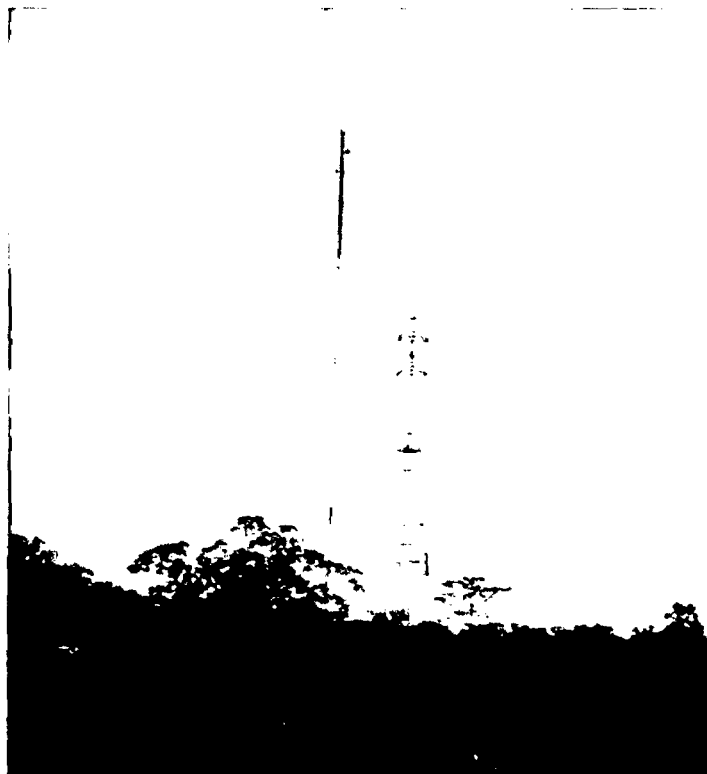


Figura N° B.2.- Vista panorámica de una torre.



Figura N° B.3.- Terreno de emplazamiento de la torre.



Figura N° B.4.- Acceso peatonal en sector de torre.

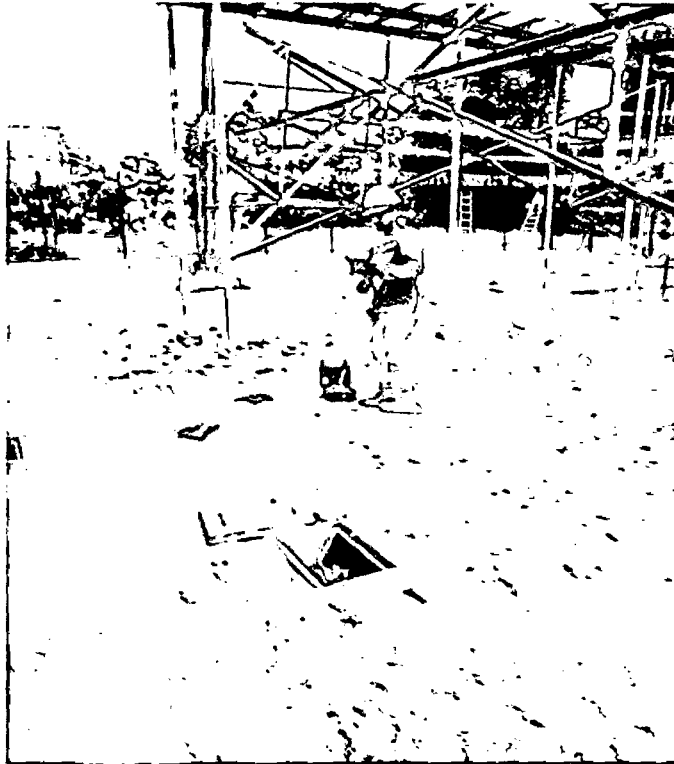


Figura N° B.5.- Trabajos de medición del sistema de aterramiento.



Figura N° B.6.- Relleno en zona de paneles solares (zona inundable).

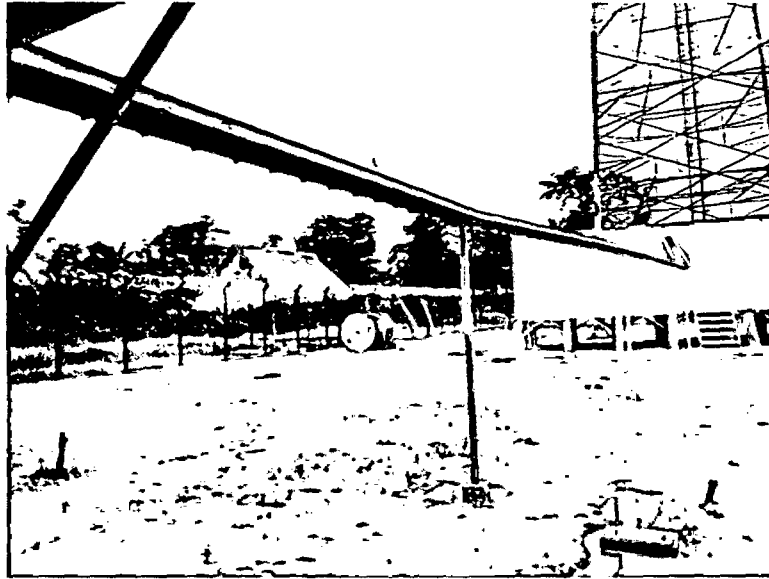


Figura N° B.7.- Corregir alineamiento de escalerilla horizontal de sala de equipos hacia paneles solares.

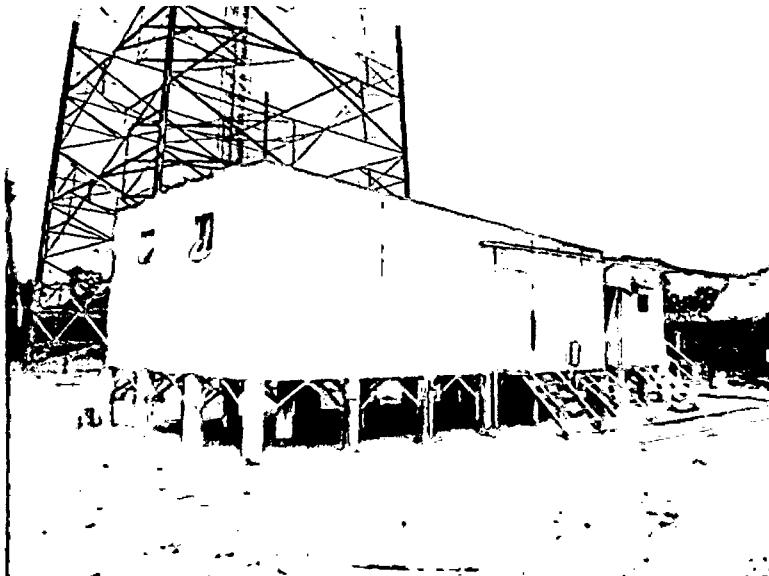


Figura N° B.8.- Terreno en el site, terreno debajo de sala de equipos, inundable.





Figura N° B.9.- Instalación eléctrica de grupo electrógeno de manera provisional.

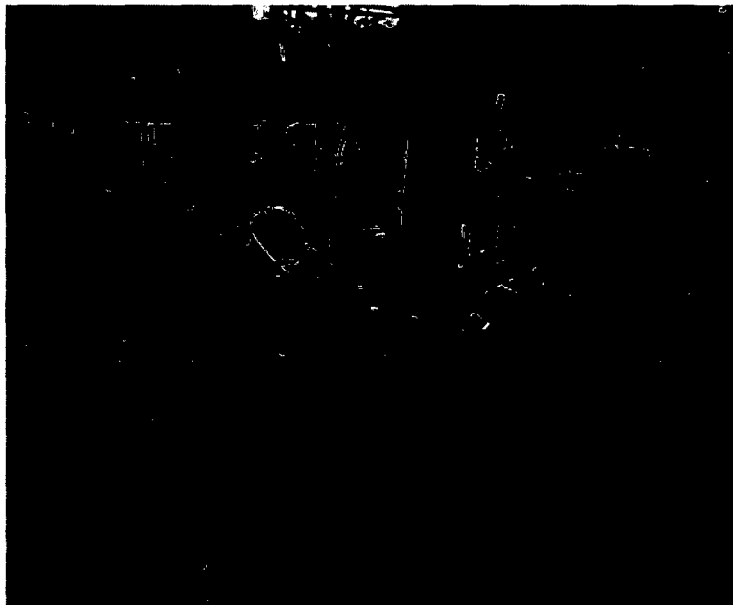


Figura N° B.10.- Vista de pernos de anclaje.



Figura N° B.11.- Ductos de aterramiento.

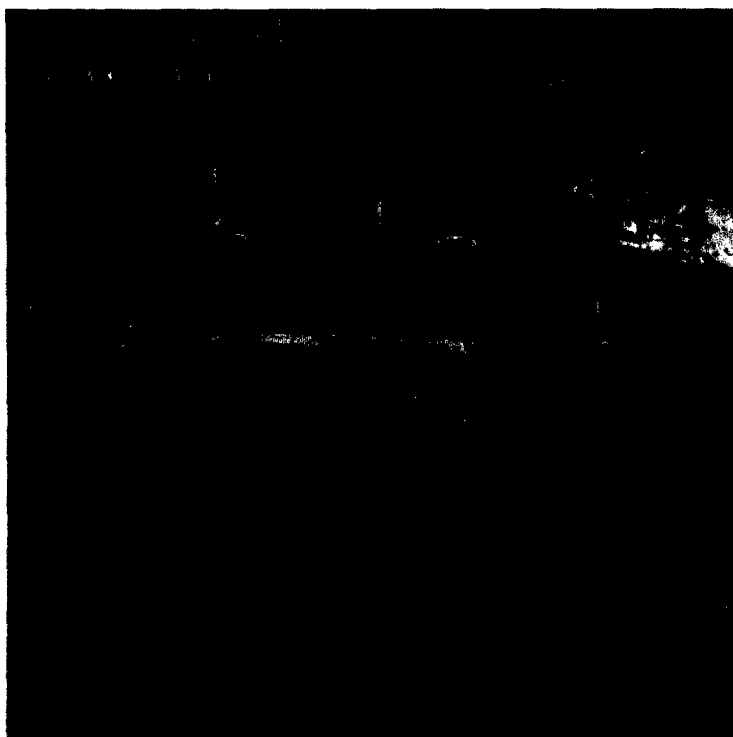


Figura N° B.12.- Plancha de apoyo de montantes niveladas.



Figura N° B.13- Dado de concreto a nivel de terreno natural, postes metálicos de cerco.

# ANEXO C: PLANOS